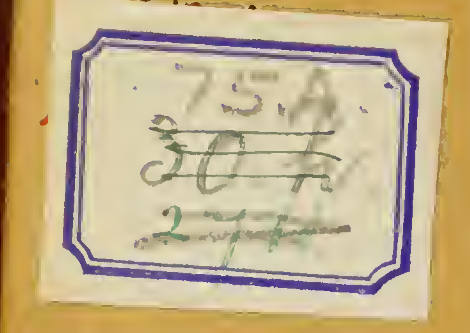
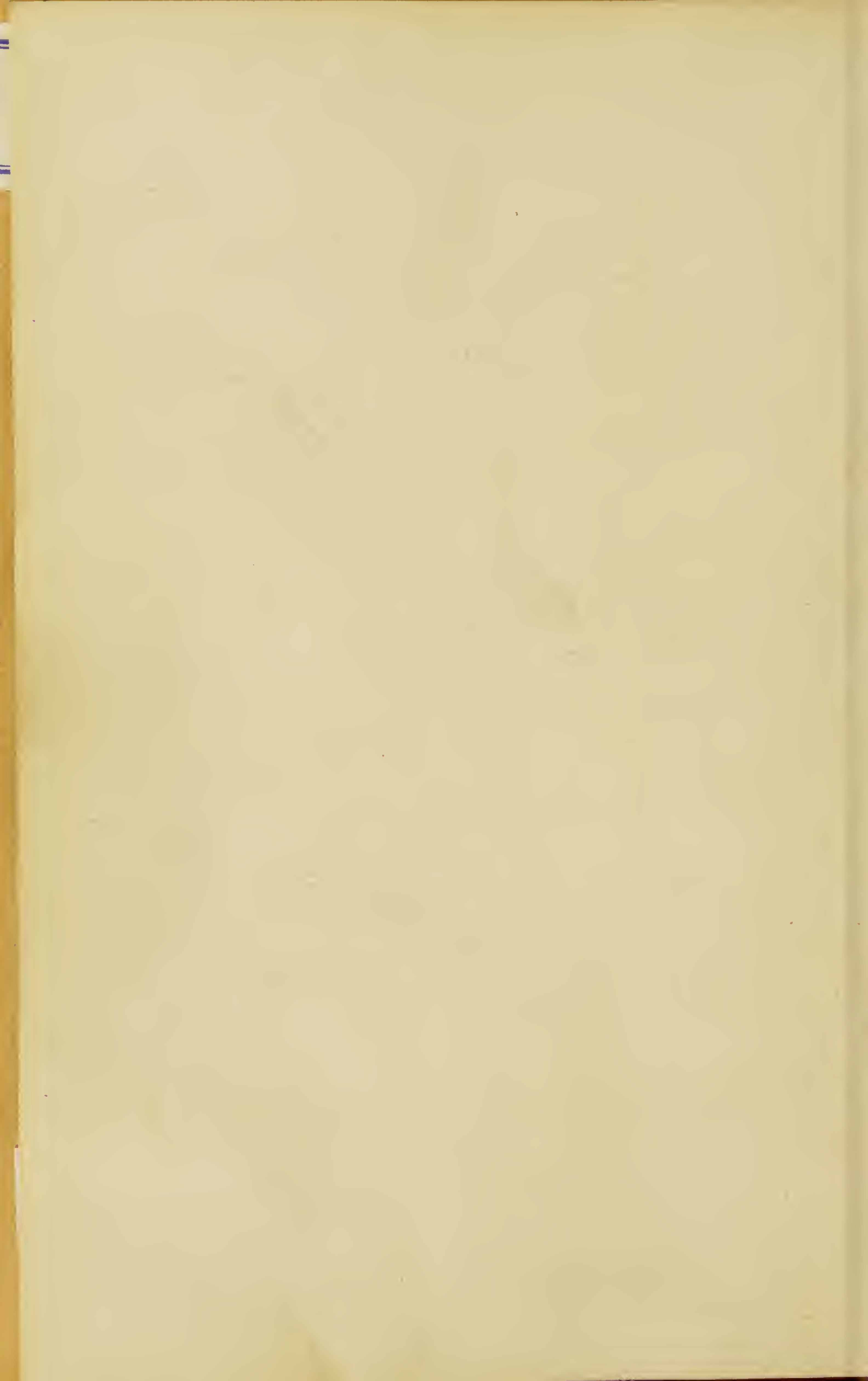






# DIE ZERSETZUNG STICKSTOFFFREIER ORGANISCHER SUBSTANZEN DURCH BAKTERIEN



# DIE ZERSETZUNG STICKSTOFFFREIER ORGANISCHER SUBSTANZEN DURCH BAKTERIEN



Von

Dr. O. EMMERLING

PRIVATDOZENT AN DER UNIVERSITÄT BERLIN



MIT SIEBEN LICHTDRUCKTAFELN

BRAUNSCHWEIG
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN
1902




HERRN GEH. REGIERUNGSRAT

PROFESSOR DR. EMIL FISCHER

IN VEREHRUNG

GEWIDMET

# VORWORT.

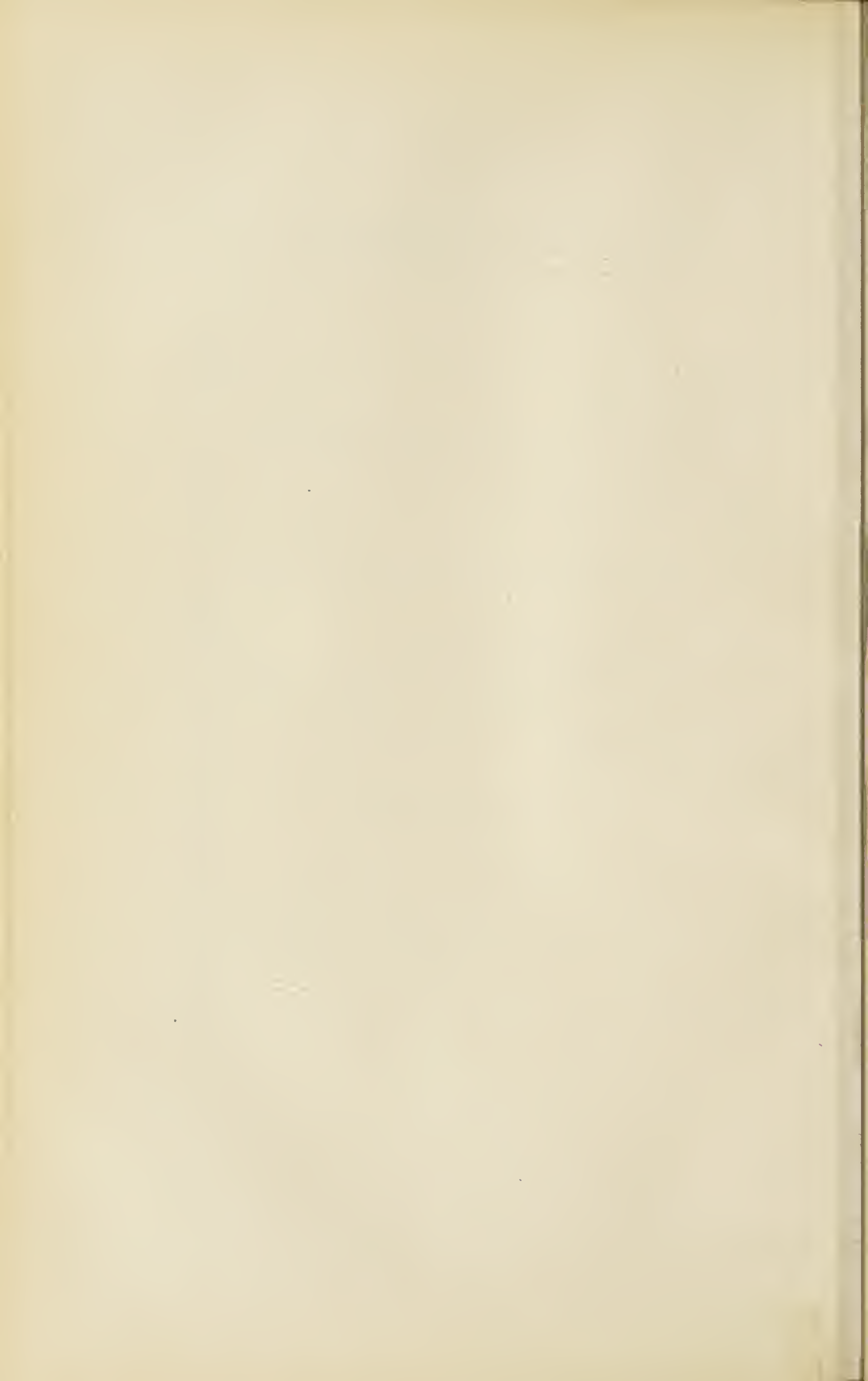
Die nachstehende Monographie ist aus einer Reihe von Vorlesungen über Bakteriengärungen entstanden. Dieselben wurden meist vor Chemikern gehalten, und auch das vorliegende Werkchen ist zunächst für solche bestimmt. Es soll ihnen in möglichster Kürze die Details bieten, welche während der Vorlesung nicht berücksichtigt werden konnten. Eine, wenn auch nicht vollständige, so doch, wie ich glaube, dem Zwecke entsprechende Zusammenstellung der Literatur wird vielleicht auch manchem Gärungsphysiologen willkommen sein.

Berlin, im August 1902.

**O. Emmerling.**



# INHALTSVERZEICHNIS.



# Einleitung.

Die Spaltung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure durch Hefe, welche unter dem Namen alkoholische Gärung bekannt ist, bildet die am genauesten studierte unter den Gärungserscheinungen. Sie ist aber nicht die einzige, denn aufser den Sprofspilzen vermögen auch andere Vertreter der niederen Pflanzenwelt ähnliche Prozesse einzuleiten und durchzuführen, deren Endprodukte aufserordentlich verschieden sind, und welche wegen ihrer wichtigen Rolle und ihrer Verbreitung in der Natur, oder wegen ihrer Bedeutung für bestimmte Zweige der menschlichen Tätigkeit, wohl geeignet sind, unser Interesse zu erregen.

Aufser gewissen Schimmelpilzen treten zahlreiche Bakterien als solche Gärungserreger auf. Sie, die Totengräber der organischen Natur, spalten und zertrümmern die komplizierten chemischen Verbindungen in einfache Stoffe, ja selbst bis zur Elementarform, sie bereiten aber auch durch ewiges Umwandeln die Körper anderen Organismen zur Ansiedelungsstätte oder zur Nahrung vor.

Ein ganz besonderes Interesse bieten diejenigen unter den Bakterien, welche in mannigfacher Weise die

wichtige Klasse der Kohlehydrate zu ihren Angriffspunkten wählen, schon deshalb, weil hier die Verhältnisse immer noch einfach liegen und sich besser übersehen lassen als etwa bei den Eiweifskörpern, aber auch aus dem Grunde, weil diese Zersetzungen eine eminente praktische Bedeutung besitzen. In der Technik, in der Landwirtschaft, im Haushalte, überall, wo jene Stoffe zur Verwendung kommen, sind wir auf Bakterientätigkeit angewiesen oder müssen mit ihr rechnen und unter Umständen gegen sie ankämpfen. Will man jedoch daraus Nutzen ziehen oder dem Feinde siegreich entgegentreten, so ist es vor allen Dingen erforderlich, Freund oder Feind möglichst genau zu kennen. Hier hat die fortschreitende Wissenschaft das Erkenntnisgebiet in erfreulicher Weise erweitert und aufgehellt und die Rolle einzelner Organismen für diesen oder jenen Vorgang klar gelegt. Der Nutzen liegt auf der Hand; statt, wie früher, den Zufall walten zu lassen, können wir jetzt für einen bestimmten Zweck, bei welchem Bakterientätigkeit erforderlich ist, die geeignetsten Gärungserreger auswählen, oder die genau studierten mit den geeignetsten Mitteln bekämpfen. Man hat früher bei allen Bakteriengärungen stets mit Bakteriengemischen gearbeitet, welche, jeder Kontrolle entzogen, die willkürlichsten Prozesse hervorbringen mufsten.

Selbst ein Forscher wie Pasteur, dem wir auf diesem Gebiete so Grofses und Epochemachendes verdanken, kannte die Mittel noch nicht, aus derartigen Gemischen, wie sie die natürlich sich abspielenden

Gärungsprozesse fast immer darbieten, mit Sicherheit einzelne Arten zu isolieren, und viele der von ihm beschriebenen Fermente sind zweifellos keine Reinkulturen in unserem heutigen Sinne gewesen, dasselbe gilt von zahlreichen späteren Forschern. Einer der ersten, welche wenigstens versucht haben, und in einzelnen Fällen wohl auch mit Erfolg, aus Gärungen den spezifischen Erreger rein zu gewinnen, war A. Fitz. Seine, der Lister'schen Verdünnungsmethode nachgebildete Arbeitsweise, verbunden mit dem Prinzipe der Gewährung der günstigsten Entwickelungsbedingungen, bot in der Tat schon ein für damalige Zeit ausgezeichnetes Hilfsmittel dar; in manchen Fällen mufste jedoch auch dieses versagen. Die Mühe und Ausdauer, welche damals mit derartigen biologischen Arbeiten verknüpft war, bleibt bewundernswert.

Es würde zu weit führen und hiefse nur bekanntes sagen, hier die Methoden auch nur anzudeuten, welche dem Gärungsphysiologen heute zu Gebote stehen; in den meisten Fällen wird man sich zur Isolierung von Bakterien des festen Nährbodens bedienen, wie ihn R. Koch zunächst für pathogene Arten in die bakteriologische Technik eingeführt hat; ja nach der Art der vorliegenden Organismen wird derselbe in seiner Zusammensetzung modifiziert werden müssen. Die Isolierung und Reinzucht aus einer Zelle, unzweifelhaft die sicherste Methode, unter Beibehaltung des flüssigen Mediums, geschieht wohl ausschliefslich noch bei Hefenuntersuchungen nach Methoden, wie sie von Hansen, P. Lindner u. a. empfohlen worden sind. Über die

bakteriologische Technik und die Untersuchungsmethoden findet jeder Interessent das Wissenswerte in den zahlreichen betreffenden Lehrbüchern [1]). Auch die allgemeinen Eigenschaften der Mikroorganismen sollen hier nicht behandelt werden, da ebenfalls kein Mangel an diesbezüglichen Zusammenstellungen ist [2]).

Die bekannteren und wichtigsten Gärungserscheinungen mit Hilfe der Bakterien beruhen in einer Zersetzung der Kohlehydrate, nur die Essiggärung macht hier eine Ausnahme; wichtigen, zum Teil ebenso sehr interessanten Gärungen unterliegen gewisse Alkohole, organische Säuren und andere Körper. Diese alle sollen im folgenden besprochen werden. Dagegen erscheint es zweckmäfsiger, zur Zeit die so wichtige, aber noch zu wenig aufgeklärte bakterielle Zersetzung der Eiweifskörper bei der Fäulnis und Verwesung auszuschliefsen; obschon auch auf diesem Gebiete zahlreiche Beobachtungen vorliegen, so genügen dieselben doch nicht, einen Einblick in den Mechanismus der Zersetzungen der so komplizierten Substanzen zu gewinnen.

Unter den Kohlehydraten sind es besonders die Zucker, welche den mannigfachsten Umsetzungen und Spaltungen durch bakterielle Tätigkeit zugänglich sind. Die einfachen Saccharide werden dabei direkt angegriffen, die Polysaccharide, wie auch in anderen

---

[1]) Günther, Einführung in das Studium der Bakteriologie, Leipzig bei Thieme. P. Lindner, Mikroskopische Betriebskontrolle, Berlin bei Parey. — [2]) A. Fischer, Vorlesungen über Bakterien, Jena bei G. Fischer.

Fällen, z. B. der alkoholischen Gärung, stets nach vorheriger Hydrolyse zu Monosacchariden. Es liegen gewichtige Gründe zu einer solchen Annahme vor, wenn es auch durchaus nicht in allen Fällen gelungen ist, diese hydrolytische Umwandlung experimentell zu verfolgen.

Die meisten Zuckerarten sind für viele Bakterien sehr günstige, leicht zu assimilierende Nährstoffe, manche Arten sind geradezu auf den Zucker angewiesen. Verhältnismäsig wenige Bakterien verhalten sich dagegen ablehnend, indem sie entweder überhaupt nicht in seiner Gegenwart gedeihen, oder aber gewisse charakteristische Eigenschaften einbüfsen. In dieser Beziehung hat R. Lyons[1]) Untersuchungen angestellt, in denen er den Einflufs eines wechselnden Traubenzuckergehaltes auf die Zusammensetzung der Bakterien bespricht. Aufser einigen Pigmentbakterien, welche, wie beispielsweise der Staphylococcus pyogenes aureus nach Bujweid[2]), die Fähigkeit, Farbstoff zu erzeugen, verlieren, gehören besonders gewisse pathogene Arten zu den zuckerfeindlichen Mikroben. Der Choleravibrio, welcher in gewöhnlicher alkalischer Fleischbrühe Indol erzeugt, sistirt diese Tätigkeit bei Gegenwart von Zucker (Gorini[3]). Die sonst bei der Eiweifsfäulnis entstehenden aromatischen Zersetzungsprodukte bleiben aus, sobald Rohrzucker, Dextrin, Stärke, aber auch Glycerin und milchsaurer Kalk zugegen sind

[1]) Arch. Hygiene 28, 1, 30. — [2]) Centrbl. Bakt. 2, 588 (1888). — [3]) Ebenda 13, 790.

(Hirschler[1]). Auch Winternitz[2]) konnte bei der Fäulnis in Gegenwart von Milch kein Indol finden. Die konservierende Eigenschaft der Milch ist bekannt und wird in den Haushaltungen vielfach verwendet. Nach Senator[3]) enthalten die Fäces von Säuglingen weder Phenol noch Skatol oder Indol, und Fischer[4]) konnte Eiter, welchem 25 Proz. Zucker zugesetzt waren, lange Zeit unverändert aufbewahren.

Nach den Beobachtungen W. Auerbachs[5]) büfsen gewisse proteolytisch wirksame Bakterien durch Zuckerzusatz zum eiweifshaltigen Nährboden die Fähigkeit ein, ein proteolytisches Enzym zu erzeugen; infolgedessen bleibt die Gelatine unverflüssigt. Wie geringe Quantitäten Zucker zum Teil schon schädlich wirken, geht aus einer Mitteilung Hellströms[6]) hervor. Danach wirkt in einfacher peptonfreier Bouillon Glukose bereits in Mengen von 0,1 Proz. auf den Choleravibrio, 0,2 Proz. auf den Bacillus typhi, 0,3 Proz. auf eine Reihe anderer Bakterien tötlich. In vielen Fällen wird zweifellos die schädliche Wirkung der Zuckerarten in einer Säurebildung beruhen, gegen welche viele Bakterien sehr empfindlich sind. Was die konservierende, also bakterienfeindliche Wirkung der Milch resp. des Milchzuckers betrifft, so vertritt Bienstock[7]) die Ansicht,

---

[1]) Hirschler, Zeitschr. physiol. Chem. 10, 306 (1886). — [2]) Winternitz, ebenda 16, 460 (1892). — [3]) Senator, ebenda 4, 1 (1881). — [4]) E. Fischer, Zeitschr. für Chirurgie 22, 225. — [5]) Auerbach, Arch. Hygiene 31, 311 (1899). — [6]) Hellström, Centralbl. Bakt. 1, 170 u. 217 (1899). — [7]) Bienstock, Arch. Hygiene 39, 390 (1901).

nicht diesem komme gedachte Wirkung zu, sondern den stets in der Milch verhandenen fäulnishemmenden Bakterien; solche sollen u. a. das Colibakterium und der Bac. aërogenes sein. Es mufs hinzugefügt werden, dafs beide Arten energische Säurebildner sind.

Wenn auch die meisten Kohlehydrate, so weit sie nach dieser Richtung hin untersucht sind, der bacteriellen Zersetzung zugänglich sind, so findet eine solche doch in sehr verschiedenem Grade statt. In manchen Fällen, wo von Vergärungen gesprochen wird, kann von einer solchen eigentlich gar nicht die Rede sein. Ein kleiner Teil des Kohlehydrats verfällt dem Veratmungsprozefs des Pilzes, wobei denn auch natürlich gasförmige Produkte, wie Kohlensäure, entstehen. Ein derartiger Prozefs mufs aber von einer eigentlichen Gärung streng geschieden werden.

Ohne den Begriff der Gärung historisch zu entwickeln, mag nur auf den lebhaften Streit zwischen Liebig und Pasteur über das Wesen der alkoholischen Gärung hingewiesen werden; derselbe hat jetzt ein versöhnendes Ende gefunden. Wir wissen, dafs Pasteur recht hatte, wenn er behauptete, der lebende Organismus bewirke die Gärung, insofern er gewisse Substanzen erzeugt, welche, wie Liebig lehrte, die unmittelbare Ursache der Gärung sind; die Endeckung der Zymase hat die Liebigsche Anschauung von der Enzymwirkung bestätigt. Dies gilt zunächst nur für die alkoholische Gärung. Ob auch den Bakteriengärungen enzymatische Prozesse zugrunde liegen? Wir wissen es nicht; aber solche von vornherein auszuschliefsen, weil wir noch

kein entsprechendes Enzym haben isolieren können, wäre in gewissen Fällen wenigstens ganz verkehrt. Es fehlt durchaus nicht an entsprechenden Ansichten im bejahenden Sinne, beispielsweise bezüglich der Milchsäuregärung, welche der alkoholischen ja sehr nahe verwandt ist. Statt, dafs wie bei der letzteren, die Produkte Alkohol und Kohlensäure sich trennen, bleiben sie bei ersterer zusammen und bilden Alkoholkohlensäure, d. h. Milchsäure. Dazu kommt, dafs die Milchsäuregärung eine verhältnismäfsig sehr glatte Reaktion ist, wie solche bei enzymatischen Prozessen auch sonst auftreten. Enzyme wirken ja vielfach wie verdünnte Alkalien oder Säuren; nun hat aber Duclaux[1]) nachweisen können, dafs Zucker durch verdünntes Kali im Sonnenlicht in Alkohol und Kohlensäure zerfällt; ersetzt man das Kali durch Baryt oder Kalk, so entsteht Milchsäure. Es hat etwas Bestechendes, auch bei der Milchsäuregärung ein Enzym als wirksames Agens anzunehmen, aber leider fehlen uns noch die direkten Beweise, eine Milchsäurezymase hat man noch nicht aus Milchsäurenbakterien erhalten.

Bei anderen Gärungen, wie der Buttersäuregärung, spricht vieles gegen die Annahme eines enzymatischen Prozesses.

Da wir also noch in keinem Falle von Bakteriengärungen Enzyme haben isolieren können, ist es erforderlich, für diese Gärungen die Anwesenheit der lebenden Zelle vorauszusetzen, und wir können diese

---

[1]) Duclaux, Ann. Pasteur 10, 168 (1896).

Prozesse so definieren: Bakteriengärungen sind Zersetzungen chemischer Körper durch lebende Bakterien, bei denen meist komplexe Moleküle zu einfacheren abgebaut werden und zwar in der Weise, dafs die Verbrennungswärme der Summe der Produkte geringer ist als die des ursprünglichen Körpers.

Aufser dem spezifischen Gärungserreger und dem Gärungssubstrat sind für eine normal verlaufende Gärung noch einige andere Momente von Bedeutung. Das Wachstum zahlreicher Bakterien und damit auch die Intensität ihrer Wirkung ist an gewisse Temperaturgrenzen geknüpft; jede Gärung verläuft am besten bei dem Temperaturoptimum des Erregers. Ferner ist die Rolle des Sauerstoffs eine ganz hervorragende. Durch zahlreiche Untersuchungen ist festgestellt, dafs für die Vermehrung der meisten Bakterien der Sauerstoff unerläfslich ist. Es sind ausführliche Versuche u. a. von E. Buchner[1]) über diesen Punkt bei einer Anzahl von Gärungserregern angestellt worden. So wird die Vermehrung des Bacillus Fitzianus durch Sauerstoffanwesenheit wesentlich begünstigt; bei gleicher Aussaat wird von diesem Mikroben in derselben Zeit mehr Glycerin bei Luftzutritt vergoren als bei Ausschlufs der Luft, weil die Bakterienzahl rasch wächst; dagegen ist die Leistung des einzelnen Pilzes gröfser bei Luftmangel. Ähnliche Verhältnisse finden wir bei zahlreichen anderen Pilzen wieder. Es gibt ausgesprochene aerophile Gärungserreger, z. B. die Essig-

[1]) Zeitschrift f. physiol. Chem. 9, 380 (1885).

säurepilze und die meisten Milchsäurefermente, dagegen üben andere ihre Gärtätigkeit nur bei teilweisem oder vollkommenem Sauerstoffmangel aus, wie die meisten Erreger der Buttersäuregärung.

Was die Verbreitung der gärungserregenden Bakterien betrifft, so findet man sie überall, wo organische Substanzen absterben oder den verschiedensten Zersetzungen anheim fallen; viele bewirken die verbreitetsten natürlichen Gärungen; durch andere hat man mannigfache Fermentationen künstlich herbeizuführen gewufst. Vielfach begegnet man nicht ihren vegetativen, sondern den Dauerformen, welche sie in Gestalt der Sporen bilden, sobald ihre Entwickelungs- und Ernährungsbedingungen ungünstige werden; gerade unter den Gärungserregern sind zahlreiche sporenbildende Arten bekannt, doch kommen diese Organe durchaus nicht allen zu. Unter günstigen Bedingungen keimen die Sporen aus und bilden die vegetative Form, welche sich dann zum Teil fabelhaft rasch vermehrt. Wie schnell eine solche Vermehrung vor sich gehen kann, beweist eine Untersuchung von Freudenreichs[1]) über den Keimgehalt der Milch. Zwei Stunden nach dem Melken enthielt ein Kubikcentimeter 9000 Keime, eine Stunde später 31 750, nach 25 Stunden aber 5 600 000, während die Milch bei 15° aufbewahrt wurde; in einem anderen Falle, wo die Milch nach 2 ½ Stunden 9300 Keime enthalten hatte, war die Zahl derselben bei 35° nach 24 Stunden auf 50 000 000 gestiegen.

[1]) v. Freudenreich, De la teneur du lait en bactéries [Ann. de microgr. 2, 3, 115 (1890)].

Zu den wichtigen Faktoren für die günstige Entwickelung der Bakterien gehört auch die Anwesenheit einer geeigneten Stickstoffquelle und gewisser anorganischer Salze. Erstere kann sehr verschiedener Natur sein, anorganischer in Form von Ammoniak oder Salpetersäure, oder organischer in Form von Amiden, Aminosäure oder Eiweifskörper; letztere werden im grofsen ganzen bevorzugt. Von den anorganischen Salzen sind die des Kalks, der Magnesia, des Kalis und Natrons die wichtigsten, am besten werden sie als Phosphate, Sulfate und Chloride gegeben.

Es ist ferner dafür Sorge zu tragen, dafs die Gärungsprodukte da, wo sie auf den Pilz schädlich wirken, beseitigt oder in eine indifferente Form übergeführt werden.

Bei Berechnung eines beliebigen Gärungseffektes hat man zu berücksichtigen, dafs derselbe nie vollständig dem durch die entsprechende chemische Gleichung darstellbaren entspricht. Ein gewisser Teil des Gärungsmaterials dient dem Pilz zum Aufbau neuer Zellen und zur Unterhaltung der Atmung. Ausführliches haben darüber W. Hesse[1]), Kolkwitz[2]) berichtet. Wie energisch der Atmungsprozefs unter Umständen sein kann, beweist die Wärmeentwickelung beispielsweise in Heu und Stroh, welche sich bis zur Verkohlung und Entzündung steigern kann[3]).

[1]) W. Hesse, Zeitschr. für Hygiene 15, 1 (1893). — [2]) Kolkwitz, Über den Einflufs des Lichtes auf die Atmung der niederen Pilze (Pringsheims Jahrb. 33, 128). — [3]) F. Cohn, Ber. d. deutsch. bot. Ges. 11, 66 u. Berthelot C. R. 117, 1079 (1893).

# Oxydationsgärungen.

## Die Essiggärung.

Wenn man Wein oder Bier, überhaupt schwach alkoholische Flüssigkeiten an der Luft stehen läfst, so bemerkt man in vielen Fällen, dafs eine Trübung eintritt, welche von der Oberfläche der Flüssigkeit ausgeht und sich meist zu einer Haut auf derselben vereinigt. Dabei verschwindet der alkoholische Geschmack und macht einem sauren Platz. Wein oder Bier sind in Essig verwandelt. Es ist dies eine seit den ältesten Zeiten bekannte Tatsache, doch war man über die dabei stattfindenden Vorgänge naturgemäfs recht unklar. Allgemein glaubte man lediglich an eine Umwandlung ohne Zutritt neuer Stoffe. So spricht sich Basilius Valentinus[1]) dahin aus, dafs die Materie durch die Putrefaktion und Fäulung der stetigen Wärme transmutiert und zu Essig geworden sei. Becher unterscheidet den Essig vom Weingeist durch seinen Gehalt an salzigem Element, während der

---

[1]) Dies und das Folgende nach Kopp, Geschichte der Chemie 4, 336.

Weingeist mehr schwefliges Element enthalte. Stahl endlich nennt den Essig eine innige Vereinigung von Säure mit Weingeist, letzterer sei im Essig enthalten.

Als der erste, welcher die Rolle des Sauerstoffs bei der Essigbildung erkannte, wird gewöhnlich Lavoisier angesehen: der Wein wird nach ihm nur unter der Einwirkung der Luft zu Essig, doch mufs hier hervorgehoben werden, dafs bereits der Abbé Rozier (bei Fourcroy, Elements d'hist. nat. et de chim. 1786, 4, 220) die Bedeutung der Luft bemerkt und dahin zielende Versuche angestellt hatte.

Aber die meisten von Lavoisiers Nachfolgern widersprachen sich noch vielfach, und erst mit Davys Entdeckung des Platinschwarzes und seiner Eigenschaften wurden alle Zweifel bezüglich der Mitwirkung des Sauerstoffs gehoben. Durch Platinschwarz wird Alkohol zu Essigsäure oxydiert, wozu Döbereiner[1]) die nötigen theoretischen Erklärungen gab. Danach vollzieht sich die Essigbildung nach der Gleichung

$$C_2H_6O + 2O = C_2H_4O_2 + H_2O.$$

Wie aber gestalten sich die Verhältnisse bei den natürlichen Vorgängen der Essigsäuerung? Verdünnt man reinen Alkohol mit Wasser, so kann eine solche Mischung ruhig der Luft ausgesetzt werden, ohne dafs man Essigbildung wahrnehmen kann; es fehlt in diesem Falle an einer Substanz, welche, wie das Platinschwarz, den Sauerstoff der Luft übertragen kann. Anders bei den Veränderungen von Wein oder Bier. Zwar ist

---

[1]) Schweiggers Journ. 8, 321.

auch hierbei kein Metall wie das Platin tätig, aber doch eine Substanz, welche denselben Effekt ausübt.

Betrachtet man eine in Essigbildung begriffene alkoholische Flüssigkeit mikroskopisch, prüft man besonders die mehr oder weniger feine Haut, welche die Oberfläche bedeckt, so erkennt man dieselbe aus kleinen Organismen bestehend, welche entweder lediglich den Charakter der Bakterien zeigen, oder mit Hefen vermischt sind. Solche Häute waren bereits von Person im Jahre 1822 bemerkt und mit dem Namen „Mycoderma aceti" belegt worden. Nach Liebigs[1]) Ansicht spielt diese Mycoderma bei der Essigbildung lediglich die Rolle des fein verteilten Metalls, welches Sauerstoff verdichtet und auf den Alkohol überträgt, die organisierte Natur selbst ist dabei ganz nebensächlich, es finden hier dieselben Vorgänge statt, wie bei der Verwandlung des Spiritus bei dem sogenannten deutschen Schnellessigverfahren, bei welchem die porösen Buchenholzspäne die Sauerstoffübertragung bewerkstelligen. Auch Pasteur[2]) war überzeugt, dafs das Essigsäureferment nach Art des Platinschwammes wirke, während aber Liebig glaubte, dafs beliebige andere ähnliche Körper die gleiche Wirkung hervorbringen könnten, betonte Pasteur gerade die organisierte Natur der Mycoderma und bewies, dafs ohne dieselbe keine Essiggärung zustande komme.

Besonders durch die Arbeiten A. Mayers und

---

[1]) Ann. d. Chem. u. Phys. 61 (1839). — [2]) Etudes sur le vinaigre.

W. v. Knieriems[1]) ist auf die grofsen und wesentlichen Unterschiede zwischen der rein chemischen Essigsäurebildung und der eigentlichen Essiggärung hingewiesen worden. Bei ersterer spielt die Stärke des Alkohols keine wesentliche Rolle, auch der konzentrierteste Spiritus unterliegt der Oxydation; ferner findet die Essigbildung bei höherer Temperatur rascher statt und endlich dient gerade der reinste Alkohol am besten diesem Zwecke. Anders bei der Essiggärung: Hier kann nur verdünnter und mit gewissen anorganischen Verbindungen versetzter Spiritus verwendet werden, und das Einhalten bestimmter Temperaturen ist unbedingt geboten. Die Essiggärung ist demnach eine biologische Erscheinung, hervorgerufen durch die Lebenstätigkeit gewisser Mikroorganismen.

Diese letzteren sind von Kützing[2]), Thomson[3]), besonders aber von Pasteur studiert worden. Die stäbchenförmigen Bakterien der Mycoderma aceti sind die eigentlichen Essigbildner, während die hefenartigen Gebilde, Kahmhefen, nicht die Fähigkeit besitzen, Essig zu erzeugen; sie verbrennen im Gegenteil den gebildeten Essig zum Teil weiter zu Kohlensäure und Wasser. Das mikroskopische Bild einer Essighaut ist in dem Photogramm, Tafel I, Nr. 1, wiedergegeben. Wird eine Spur solcher Haut in sterile verdünnte alkoholische Flüssigkeit, der es nicht an sonstigen Nährsubstanzen fehlt, gebracht, so findet rasch Essigbildung statt.

---

[1]) Landwirtschaftl. Versuchsstat. 16, 305. — [2]) Journ. prakt. Chem. 11, 390. — [3]) Ann. Chem. Pharm. 83, 89 (1852).

Pasteur selbst hat Reinkulturen dieser Bakterien nicht in den Händen gehabt, spätere Untersuchungen, namentlich die bahnbrechenden Arbeiten Hansens[1]), führten zu der Erkenntnis, dafs die Bakterien der Mycoderma aceti nicht aus einer einzigen Spezies bestehen. Er konnte daraus zunächst zwei Arten isolieren, welche er Mycoderma aceti und Mycoderma Pastorianum nannte. Später beschrieb er noch eine dritte Bakterienart, das Bacterium Kützingianum. Letztere beiden zeichnen sich durch ihre Fähigkeit aus, sich mit Jod blau zu färben, welche Eigenschaft dem die Zellen umhüllenden Schleime zukommt. Alle zeigen das Bestreben, zu Zoogloeamassen zu verkleben und so zusammenhängende Häute zu bilden und sind ausgezeichnet durch ihr Auswachsen zu langen Fäden und die häufigen Involutionsformen eigentümlicher Art.

Die Faden-, resp. Kettenbildung findet bei 40 bis $40^1/_2{}^0$ statt, Tafel I, Fig. 2; bringt man solche Kulturen in eine Temperatur von $34^0$, so treten spindelförmige, an einer Stelle stark angeschwollene Formen auf, wonach der Zerfall in Kurzstäbchen vor sich geht.

Bacterium aceti bildet (am besten auf obergärigem Doppelbier von 1 proz. Alkohol) bei $34^0$ eine schleimige, oft marmorartige Haut, Bacterium Pasteurianum dagegen eine trockene, faltige Decke, welche an der Wand emporsteigt. Letztere Eigenschaft zeigt das Bacterium Kützingianum noch mehr.

Das Temperaturminimum von Bacterium aceti und

---

[1]) Untersuch. aus der Technik der Gärungsgewerbe 1895.

Pasteurianum liegt zwischen 4 bis 6°, das Optimum bei 34°. Nach Lindners[1]) Angabe bildet Bacterium aceti eine flach ausgebreitete, rundzackig-rosettenförmige Riesenkolonie auf Würzegelatine, Bacterium Pasteurianum eine schwach gewölbte, ganzrandige und faltenförmige, Bacterium Kützingianum schwach gewölbte, faltenfreie.

Aufser den soeben erwähnten Essigbakterien hat man mit der Zeit eine Reihe anderer kennen gelernt, welche von W. Peters[2]), A. Zeidler[3]), Wermischoff[4]), Brown[5]) u. a. beschrieben worden sind. Ferner sind durch Henneberg[6]) einige wichtige neue Arten bekannt geworden. Zwei derselben wurden im Biere aufgefunden, eine schwärmfähige in untergärigem und eine nicht schwärmfähige in obergärigem Biere. Ersteres wurde als „Bacterium oxydans“, letzteres als „Bacterium acetosum“, Tafel II, Fig. 1, bezeichnet. Keines der beiden wird durch Jod blau gefärbt. Bacterium oxydans oxydiert Alkohol zu Essigsäure am besten zwischen 23 bis 27°. Später sind von Henneberg noch weitere drei Arten beschrieben worden: das „Bacterium acetigenum“, aus einer Schnellessigfabrik herstammend und durch Schwärmen ausgezeichnet, „Bacterium industrium“, von Lindner aus einer amerikanischen Hefe isoliert, und „Bacterium ascendens“, aus Weinessig.

Das Bacterium xylinum von Brown ist durch die

---

[1]) Lindner, Betriebskontrolle 1898, S. 351. — [2]) Bot. Zeit. 1889, S. 405. — [3]) Wochenschrift für Brauereien 1890, S. 1213. — [4]) Ann. Past. 1893, S. 213. — [5]) Journ. Chem. Soc. 49, 172. — [6]) Centralbl. Bact. 3, 223 (1897); 4, 14, 67, 138, 933 (1898).

Eigenschaft, schleimige bis lederartige Häute zu bilden, ausgezeichnet.

Eine Einteilung der bekannten Essigbakterien ist von Beyerinck[1]) versucht worden. Er unterscheidet vier Arten mit verschiedenen Varietäten. Diese vier Arten nennt er „B. aceti Pasteur“, „B. rancens“, „B. Pasteurianum Hansen“, „B. xylinum“. Dieser Einteilung schliefst sich Hoyer[2]) in seinen ausführlichen Untersuchungen an. Praktisch wichtig sind B. rancens für das Bier, B. aceti für die Schnellessigfabrikation, für die Weinessigbereitung dient eine Varietät von B. aceti. Zur Unterscheidung der Arten dient nach Hoyer ihre Fähigkeit, ihren Stickstoffbedarf aus Ammoniumsalzen aufzunehmen und den Rohrzucker zu invertieren. Letztere Eigenschaft besitzen B. aceti und B. xylinum, während sie B. rancens und B. Pasteurianum abgeht.

Dagegen haben Henneberg und Rothenbach[3]) folgende Gruppen aufgestellt:

1. Schnellessigbakterien, B. acetigenum;
2. Bierbakterien, B. Zeidleri, B. aceti, B. Pasteurianum, B. Kützingianum, B. acetosum;
3. Maischebakterien, B. oxydans, B. industrium;
4. Weinessigbakterien, B. xylinum, B. ascendens.

Aufser gewöhnlichem Äthylalkohol wird noch eine

---

[1]) Centralbl. Bakt. (II) 4, 209. — [2]) Deutsch. Essigindustrie 1899. — [3]) Zeitschrift für Spiritusindustrie 180.

ganze Reihe anderer Substanzen von den Essigbakterien oxydiert; auch dieser Umstand kann bisweilen zu ihrer Unterscheidung dienen. Nachdem bereits Brown das Verhalten eines von ihm B. aceti genannten Essigbakteriums, welches aber nicht identisch ist mit dem von Hansen ebenso genannten Mikroben, gegen verschiedene Alkohole und Kohlehydrate studiert hatte, sind von W. Seifert[1]) ähnliche Untersuchungen angestellt worden. Nach ihm oxydieren B. Pasteurianum, Kützingianum und B. aceti auch Propylalkohol, normalen und Isobutylalkohol, Äthylenglykol, aber nicht Methylalkohol. Aus Mannit bildet B. aceti Lävulose, während die beiden anderen Arten den Mannit nicht angreifen. Glukose gibt Glukonsäure, Essigsäure wird, wie bereits Pasteur gefunden, langsam zu Kohlensäure und Wasser verbrannt. Noch ausführlicher beschäftigen sich mit derartigen Oxydationen die Arbeiten Hennebergs. Es werden oxydiert durch:

B. oxydans: Arabinose, Lävulose, Dextrose, Galaktose, Maltose, Dextrin, Äthylalkohol, Propylalkohol, Erythrit, Mannit, Rohrzucker, Glycerin, Raffinose, Glykol.

B. acetosum: Dextrose, Galaktose, Äthylalkohol, Propylalkohol.

B. xylinum: Dextrose, Rohrzucker, Äthyl-, Propylalkohol, Glykol.

B. acetigenum: Dextrose, Äthyl- und Propylalkohol.

---

[1]) Centralbl. Bakt. (2) 3, 337 (1897).

B. ascendens: Äthylalkohol, Propylalkohol, Glykol, nicht Dextrose.

Von allen, aufser dem B. oxydans, wird Essigsäure verbrannt.

B. industrium: Äthylalkohol, Propylalkohol, Glykol, Glycerin, Mannit, Arabinose, Galaktose, Dextrose, Lävulose, Rohrzucker, Maltose, Milchzucker, Dextrin, Stärke. Essigsäure wird nicht verbrannt.

Sämtliche Essigbakterien sind sowohl gegen Alkalien, wie gegen unorganische Säuren sehr empfindlich (Cohn[1]). Direktes Sonnenlicht schädigt sie sehr, wie Giunti[2]) nachgewiesen hat; über die schädigende Wirkung der Elektrizität liegen einige Beobachtungen Tolomeis[3]) vor.

Die technische Darstellung des Essigs geschieht im wesentlichen nach zwei Methoden. In Frankreich, wo man Wein verwendet, ist das bereits seit Jahrhunderten bekannte Verfahren von Orléans üblich, welches Pasteur so ausführlich beschrieben hat, es liefert den Weinessig. Man stellt dort mehrere Reihen von Fässern übereinander, welche im oberen Teile der Vorderseite zwei Löcher besitzen, eines zum Füllen mit Wein und Abziehen des fertigen Essigs, das andere zum Eintritt der Luft. Das Fafs wird zunächst zum kleineren Teile mit starkem Essig gefüllt und nach und nach Wein zugegeben, bis das Fafs etwa halb voll

---

[1]) Zeitschr. f. physiol. Chem. **14**, 75 (1890). — [2]) Sull' azione della luce sulla Fermentazione acetica. — [3]) Nach Kochs Jahresber. 1890, S. 139.

ist, wonach ein Teil des Essigs abgezogen wird. Dies Nachfüllen und Abziehen vollzieht sich nun kontinuierlich. Die auf der Oberfläche des Weins sich rasch bildende Haut von Essigbakterien bewirkt hier die Essiggärung.

In Deutschland ist hauptsächlich das sogenannte Schnellessigverfahren eingeführt. Hier läfst man verdünnten Spiritus langsam über eine grofse Oberfläche laufen, wobei er der Einwirkung der Bakterien ausgesetzt wird. Man stellt diese Oberfläche mittels lockenförmig gedrehter Buchenholzspäne her, welche in geeigneten Kübeln befindlich und mit Essigbakterien besäet sind, während durch Ventilationsvorrichtungen für beständigen Luftzug gesorgt wird. Mit Vorliebe wählt man die Späne der Rotbuche, wahrscheinlich, weil sich auf ihnen wegen ihrer porösen Beschaffenheit die Essigbakterien am besten ansiedeln können. Es ist von Wichtigkeit, dafs die Späne keine schleimige Beschaffenheit annehmen, was für die Anwesenheit des Bacterium xylinum sprechen würde, welches ein Essigschädling ist. Bezüglich der eigentlichen Fabrikationsmethoden mufs auf die ausführlichen technologischen Lehrbücher verwiesen werden.

Eine höchst unangenehme Erscheinung bei der Essigfabrikation ist das Auftreten der Essigaale, sie wirken jedoch lediglich in unangenehmer Weise durch ihr unappetitliches Aussehen, ein Verderben des Essigs wird, wie es scheint, nicht durch sie bedingt.

Aufser durch eigentliche Essigbakterien entsteht Essigsäure noch bei zahlreichen anderen Gärungs-

prozessen in gröfserer oder geringerer Menge. Durch Fäulnisbakterien wird sie aus zahlreichen Materialien gebildet, sie findet sich daher stets im Darminhalt (Brieger[1]). Äpfelsaurer und milchsaurer Kalk liefern bei der Fäulnis Essigsäure (Hirschler[2]), aus Glukosamin wird sie neben Buttersäure erzeugt (Ledderhose[3]). Pneumoniekokken bilden aus Rohrzucker und Traubenzucker stets Essigsäure (Brieger[4]). Der Bacillus lactis aërogenes verwandelt Milchzucker hauptsächlich in Essigsäure (Baginsky[5]), Emmerling[6]). Wir werden ihr bei den später zu besprechenden Gärungserscheinungen noch oft begegnen. Nach Erckmann[7]) soll der Essigstich des bei der Gärung stichig werdenden Weins durch ein Bakterium hervorgerufen werden, welches Essigsäure direkt aus Zucker bildet.

## Oxydationsgärungen, welche durch das Bacterium xylinum erzeugt werden.

Gelegentlich der Darstellung von Sorbose aus Vogelbeersaft (von Sorbus aucuparia) beobachtete G. Bertrand[8]), dafs diese Zuckerart nicht im Saft enthalten sei, sondern erst durch Einwirkung niederer Organismen entstehe. Zunächst tritt im Vogelbeersaft eine alkoholische Gärung ein, durch welche die vorhandene Glukose beseitigt wird. Sodann siedeln sich

---

[1]) Zeitschr. f. phys. Chem. 3, 314 (1879). — [2]) Ebenda 10, 313 (1886). — [3]) Ebenda 4, 151 (1880). — [4]) Ebenda 8, 310 (1883). — [5]) Ebenda 12, 442 (1888). — [6]) Berl. Ber. 33, 2477 (1900). — [7]) Chem.-Ztg. 22, 673. — [8]) Compt. rend. 122, 900.

Kahmhefen und Schimmelpilze an, ohne dafs Sorbose gebildet wird. Dies ist erst der Fall, wenn sich auf der Oberfläche bestimmte, sich zu einer zähen Haut vereinigende Spaltpilze zeigen, welche durch die Essigfliege (Drosophila funebris) herbeigetragen werden. Durch diese Pilze wird der Sorbit zu Sorbose oxydiert

$$C_6H_{14}O_6 + O = C_6H_{12}O_6 + H_2O.$$

Bertrand hatte die Vermutung ausgesprochen, dafs die Sorbosebakterien identisch seien mit dem bereits oben wiederholt erwähnten Brownschen B. xylinum, was durch die Untersuchungen von O. Emmerling[1]) bestätigt werden konnte, welcher auch nachwies, dafs die zähe Zoogloeamasse dieser Bakterien nicht, wie Brown angegeben, aus Cellulose, sondern aus einer chitinähnlichen Substanz besteht.

Das Sorbosebakterium oder B. xylinum bildet 2 bis 3 $\mu$ lange und 0,5 $\mu$ dicke Stäbchen, deren Zellmembranen zu einem zähen Schleim verkleben (Tafel II, Fig. 2). Die oxydierende Wirkung des Mikroben beschränkt sich nicht auf den Sorbit, sondern erstreckt sich auf eine Anzahl anderer Substanzen, wie Bertrand und mehrere andere Autoren nachgewiesen haben. Nach Vincent und Delachanal[2]) entsteht so aus Mannit Lävulose. Bertrand[3]) fand, dafs Glykol[4]), Xylit und Dulcit nicht angegriffen werden, leicht dagegen Glycerin, Erythrit, Arabit, Perseït und Volemit, was mit der sterischen Konfiguration der betreffenden

[1]) Berl. Ber. 32, 541 (1899). — [2]) Compt. rend. 125, 716. — [3]) Ebenda 126, 762. — [4]) Siehe dagegen Hennebergs Versuche auf Seite 19.

Körper zusammenhängt. Die oxydierbaren Alkohole zeigen eine übereinstimmende Konfiguration insofern, als wenigstens eine Gruppe CHOH so angeordnet ist, dafs dem von den Bakterien anzugreifenden Hydroxyl kein Wasserstoff auf derselben Seite der Kette benachbart ist. Als Beispiele seien angeführt:

Nicht angreifbar Xylit:

$$\begin{array}{ccccccc} & & H & & OH & & H \\ & & | & & | & & | \\ CH_2OH & - & C & - & C & - & C - CH_2OH, \\ & & | & & | & & | \\ & & OH & & H & & OH. \end{array}$$

angreifbar Arabit:

$$\begin{array}{ccccccc} & & OH & & OH & & H \\ & & | & & | & & | \\ CH_2OH & - & C & - & C & - & C - CH_2OH \\ & & | & & | & & | \\ & & H & & H & & OH. \end{array}$$

Aus Glycerin wird bei der Oxydation Dioxyaceton, $CH_2OH - CO - CH_2OH$, gebildet.

Diese auf chemischem Wege unbequem zu erhaltende Substanz entsteht bis etwa 30 Proz. vom Glycerin, wenn man auf einer mit 5 bis 6 Proz. Glycerin versetzten Hefeabkochung das Sorbosebakterium wachsen läfst. Durch tägliche Prüfung mit Fehlingscher Lösung bestimmt man die Zeit der Maximalreduktion, giefst von der Bakterienhaut ab, dampft im Vakuum unter $60^0$ ein und versetzt den Sirup mit 5 Volumen Alkohol und 2 Volumen Äther. Diese alkoholisch-ätherische Lösung wird verdunstet, worauf der Sirup bald anfängt, zu krystallisieren.

Erythrit und Arabit werden zu Erythrose und Arabinose oxydiert.

Ferner geht Xylose in Xylonsäure über, welche Bertrand[1]) als Bromkadmiumdoppelverbindung isoliert hat. Auch Arabinose, Dextrose, Galaktose werden oxydiert und zwar nach der allgemeinen Formel:

$$\begin{array}{l} COH \\ | \\ (CHOH)^n \\ | \\ CH_2OH \end{array} + O = \begin{array}{l} CO_2H \\ | \\ (CHOH)^n \\ | \\ CH_2OH. \end{array}$$

## Andere Oxydationsgärungen.

Durch den Bacillus oxalaticus wird nach Zopf[2]) Glukose zu Oxalsäure oxydiert. Die Vergärung von Glukose, Mannit, Galaktose durch den Saccharomyces Hansenii[3]) zu Oxalsäure, sowie die Oxydation der Glukose durch die Schimmelpilze Citromyces Pfefferianus und glaber zu Citronensäure[4]) gehören nicht hierher. Dagegen ist die Boutroux'sche[5]) Mitteilung anzuführen, dafs ein nicht näher charakterisierter „Mikrococcus oblongus" Glukose zu Glukonsäure, und eine andere Bakterienart letztere zu Oxyglukonsäure oxydiert. Bis jetzt sind diese Mikroben nicht wieder gefunden worden. Endlich gibt Rensch[6]) an, dafs im Wein, dessen Glyceringehalt beständig abnahm, das Glycerin durch einen Spaltpilz von halbmondförmiger Gestalt zu Äthylenglykol und Ameisensäure oxydiert werde.

## Die Milchsäuregärung.

Die Eigenschaft der Milch, in ungekochtem Zu-

---

[1]) Compt. rend. 127, 124, 729, 762. — [2]) Ref. nach Migula. — [3]) Zopf, Ber. d. bot. Ges. 1889, S. 94. — [4]) Wehmer, Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1893, S. 519. — [5]) Ann. Past. 2, 308 (1887). — [6]) Pharm. Zeit. 39, 864.

stande, namentlich bei wärmerer Jahreszeit. zu gerinnen, dabei ihren süfsen Geschmack zu verlieren und sauer zu werden, ist Jedermann bekannt. Auch künstlich kann die Milch durch Versetzen mit Lab zum Gerinnen gebracht werden, dabei bleibt sie aber süfs. Spontan geronnen, zeigt die Milch einen grofsen Bakterienreichtum. Über die Natur der bei der Gerinnung entstehenden Säure sind wir zuerst durch Scheele[1]) aufgeklärt worden; er hatte die Säure aus saurer Milch gewonnen, man erkannte jedoch bald, dafs sie auch durch Gärung aus anderen Körpern entstehen könne. So fand sie Braconnot[2]) in gegorenem Reis, Gay-Lussac und Pelouze[3]) in gegorenen Fruchtsäften, Rübensaft u. s. w.

Frémy[4]) erhielt Milchsäure aus zuckerhaltigen Materialien, welche er mit tierischen Membranen in Berührung brachte. Er stellte dann in Gemeinschaft mit Boutron[5]) eine auf Liebigschen Anschauungen basierte Gärungstheorie auf, nach welcher die Eiweifssubstanzen der tierischen Haut als Ferment der Milchsäuregärung wirken sollten. Später sprachen Boutron und Charlard[6]) geradezu den Satz aus, alle organisierten Substanzen könnten als Ferment wirken:

„Toutes les matières organisées d'origine végétale ou animale sont aptes, lorsqu'elles ont été exposées à l'air pendant quelque temps, à transformer les substances neutres en acide lactique.“

---

[1]) Gegen das Jahr 1780. — [2]) Ann. chim. Phys. 36, 116. — [3]) Ebenda 52, 410. — [4]) Ann. 31, 188. — [5]) Ann. chim. Phys. (3) 2, 257 (1841). — [6]) Compt. rend. 12, 728 (1841).

Wenn auch Blondeau[1]) bemerkte, dafs bei der Milchsäuregärung mikroskopische Wesen aufträten und eine Rolle spielten, so ist seine Annahme, dieselbe käme einer Mycodermaart zu, doch nicht richtig. Bahnbrechend in der Erkenntnis der Ursache der Milchsäuregärung ist, wie bei so vielen ähnlichen Vorgängen, wieder Pasteur[2]) gewesen. Im Jahre 1857 beschrieb er einen Mikroben, den er aus saurer Milch gewonnen hatte. Es waren Stäbchen, welche, in süfse Milch geimpft, rasch Säuerung bewirkten und darin unbegrenzt weiter gezüchtet werden konnten. Der Umstand, dafs wir jetzt nicht mit Bestimmtheit wissen, aus welchen der bekannten Milchsäurebakterien die Pasteursche „levûre lactique“ bestanden hat, und ob Pasteur überhaupt Reinkulturen besessen, tut dem Werte der Pasteurschen Entdeckung gar keinen Eintrag. Es war mit derselben nachgewiesen, dafs Bakterien an der Säuerung der Milch beteiligt sind. Sie gelangen ohne Zweifel rasch nach dem Melken aus der Luft, durch Hände, Geräte u. s. w. in die Milch, denn nach Roberts[3]) ist die Milch in dem Augenblicke, wo sie das Euter verläfst, keimfrei. Es steht dieser Angabe allerdings die Mitteilung von Boekhout und Ott de Vries[4]) gegenüber, dafs Milch bereits von aufsen in der Milchdrüse infiziert werde. Sie konnten

---

[1]) Journ. Pharm. chim. 12, 244, 336 (1847). — [2]) Ann. chim. Phys. 3 [2], 257. — Compt. rend. 45, 224, 913 (1857); 48, 336. — [3]) Philos. Trans. 164 (1874). — [4]) Centralbl. Bakt. 2, 826 (1901).

selbst bei allen Vorsichtsmafsregeln nie eine sterile Milch erhalten.

Die erste wirkliche Reinkultur von Milchsäurebakterien erhielt Lister[1]), der durch seine aseptische Wundbehandlung bekannte englische Arzt, und zwar nach der Methode der Verdünnung des bakterienhaltigen Materials, so dafs er zuletzt eine Zelle isolierte und dieselbe sich vermehren liefs. Leider ist auch in diesem Falle nicht mit voller Sicherheit die Natur seiner Bakterienart bekannt, wenn auch mancher Umstand dafür spricht, dafs sie identisch mit dem später von Hüppe[2]) beschriebenen Bacillus acidi lactici ist, welcher besonders von Peters[3]) und Wolffin[4]) zum Gegenstand der Untersuchung gemacht worden ist.

Es hat sich bald herausgestellt, dafs das spontane Sauerwerden der Milch nicht stets durch denselben Pilz verursacht wird. Bereits Hüppe hatte fünf verschiedene Milchsäurebakterien aufgefunden, von denen der eine, der Bacillus acidi lactici (Tafel III, Fig. 1), stets in saurer Milch vorzukommen scheint. Später ist die Anzahl der Milchsäurebakterien sehr viel gröfser geworden, um ihre Kenntnis haben sich zahlreiche Beobachter, wie Grotenfeld[5]), Focker[6]), Leichmann[7]), Marpmann[8]), Peters[9]) u. a. verdient

---

[1]) On le lactic fermentation. Philos. Trans. 1877/78. — [2]) Mitteil. Kais. Gesundheitsamt. 2, 309 (1884). — [3]) Bot. Ztg. S. 89. — [4]) Arch. Hyg. 21, 3. — [5]) Fortschr. d. Mediz. 1889, S. 121. — [6]) Zeitschr. Hyg. 9, 41. — [7]) Centralbl. Bakt. (2) 1899, S. 344, 387, 440. — [8]) Ergänzungsheft d. Centralbl. allgem. Gesundheitspfl. 2, 2. — [9]) Berl. klin. Wochenschr. 1889.

gemacht, durch welche auch eine Menge milchsäurebildende Bakterien bekannt geworden sind, welche nicht in Milch vorkommen. Manche derselben aber bilden auch vielerlei Abarten, welche in der Molkereiwirtschaft eine grofse Rolle spielen.

Aufser dem Hüppeschen Bacillus acidi lactici wird von verschiedenen Seiten noch anderen Milchsäurebakterien die Ursache der spontanen Milchsäuerung zugeschrieben, besonders ist dem von Escherich[1]) aus normalem Darminhalt von Säuglingen isolierten Bacillus lactis aërogenes eine wichtige Rolle zuerteilt worden. In der Tat findet sich derselbe sehr häufig in saurer Milch, aber durchaus nicht immer, und die Bedeutung, welche ihm besonders Wurtz und Leudet[2]) zuerkannt haben, scheint ihm nicht zu gebühren. Wenigstens hat Leichmann[3]) seine Bedeutung für die Milchsäuerung recht unwahrscheinlich gemacht. In 100 Proben Milch fand derselbe stets den Bacillus acidi lactici, aber nur in untergeordnetem Grade den aërogenes. Auch von anderer Seite ist nachgewiesen worden, dafs der Bacillus aërogenes kein spezifischer Milchsäurepilz ist. Allerdings wird nach Baginsky's[4]) Angaben Milchzucker durch ihn bis zu 78 Proz. vergoren, das Produkt ist jedoch vorwiegend Essigsäure, weshalb Baginsky den älteren Namen in Bacterium aceticum abändern wollte; nach Oppenheimer[5]) entstehen nur 15 Proz. Milchsäure; aufser

---

[1]) Fortschr. d. Mediz. 1885, S. 16 u. 17. — [2]) Arch. de méd. expér. 91. — [3]) A. a. O. — [4]) Zeitschr. physiol. Chem. 12, 434. — [5]) Centralbl. Bakt. 6, 586.

Essigsäure wird aus Milchzucker nach des Verfassers[1]) Versuchen auch Bernsteinsäure gebildet, dagegen liefert Glukose Milchsäure.

Günther und Thierfelder[2]) haben aus acht Milchproben 14 Bakterienkulturen gewonnen, welche in steriler Milch kräftige Säuerung bewirkten; aber sämtliche Kulturen gehörten einer Art an. Es waren 1 $\mu$ lange und 0,5 bis 0,6 $\mu$ breite, an den Enden zugespitzte Stäbchen ohne Eigenbewegung, meist zu zweien verbunden, welche Sporen nicht bildeten. Sie leben sowohl aerob wie anaerob, und zwar am besten auf zuckerhaltigem Nährboden bei 28°. Gelatine wird nicht verflüssigt. Die Autoren halten ihren Bacillus für identisch mit dem Hüppeschen, doch gehen darüber die Ansichten auseinander, die Beschreibungen passen auch recht gut auf einen von Leichmann[3]) beschriebenen Milchsäureerreger.

Es würde zu weit führen, hier alle in Milch gefundenen Milchsäurebakterien auch nur aufzuführen, eine Zusammenstellung der wichtigsten gibt Leichmann[4]); auf eine Anzahl derselben müssen wir später noch bei Besprechung ihrer Rolle in der Molkerei u. s. w. zurückkommen.

Aufser Milchzucker liefern zahlreiche andere Substanzen aus der Reihe der Kohlehydrate, oder anderer Gruppen das Material für die Milchsäuregärung, wie Saccharose, Glukose, Lävulose, Galaktose, Maltose,

[1]) O. Emmerling, Berl. Ber. 33, 2477 (1900). — [2]) Arch. Hyg. 25, 164. — [3]) Milchztg. 23, 524. — [4]) Centralbl. Bakt. 1896 (2), 777.

Stärke, Dextrin, Raffinose, Trehalose, Melecitose, Mannit, Sorbit, Inosit, Dulcit, Glycerin.

Um sich Milchsäure in gröfseren Mengen zu bereiten, hat man früher ausschliefslich die Milch als Ferment benutzt; als Material diente meist der Rohrzucker. Man findet auch heute noch, wo man so zahlreiche kräftige Gärungserreger in Reinkultur kennt, Vorschriften in den Lehrbüchern, welche auf den ersten, gänzlich unrationellen Rezepten fufsen. Das üblichste derselben rührt von Bentsch[1]) her. Danach werden 6 Pfund Rohrzucker und 1/2 Unze Weinsäure in 20 Pfund Wasser gelöst, mit zwei alten Käsen, 8 Pfund saurer Milch und 3 Pfund Kreide versetzt und bei 30 bis 35° der Gärung überlassen. Der Zusatz von Kreide dient zum Neutralisieren der entstehenden Milchsäure, gegen welche die Bakterien sehr empfindlich sind. Statt Kreide hat Lautemann[2]) Zinkoxyd empfohlen, weil man in diesem Falle gleich das krystallisierende Zinklaktat erhält, doch hat Kafsner[3]) auf das Bedenkliche dieses Ersatzes aufmerksam gemacht, weil Zinksalze in gröfserer Menge schädlich auf die Mikrobentätigkeit wirken. Nach Kafsner löst man 300 Teile Rohrzucker und 1,5 Teile Weinsäure in 1700 Teilen Wasser, läfst einige Tage behufs Inversion des Rohrzuckers bei 60° stehen, fügt 100 Teile alten Käse und die nötige Menge Kreide zu und überläfst der Gärung.

Hier ist der Käse die Quelle der Fermenttätigkeit. Diese und ähnliche Rezepte sind deshalb so unrationell,

---

[1]) Ann. 61, 174. — [2]) Ann. 113, 242. — [3]) Apoth.-Ztg. 12, 325.

weil die Gärung öfters entweder nur eine unvollkommene ist, oder einen ganz anderen Verlauf nimmt. Bereits Strecker[1]) erhielt einmal, als er nach der Bentschschen Angabe Milchsäure bereiten wollte, nur sehr wenig der letzteren, dagegen viel Mannit und Propionsäure. Das Auftreten des ersteren ist auf eine schleimige Gärung zurückzuführen, für die Entstehung der Propionsäure fehlt es an einer Erklärung.

Will man Milchsäure bereiten, so empfiehlt sich unter allen Umständen die Verwendung einer jetzt leicht erhältlichen Reinkultur. Wie Verfasser sich überzeugt hat, ist hierzu sehr der in Brennereibetrieben zum Säuern des Hefegutes verwendete Bacillus acidificans longissimus (syn. Bacillus Delbrückii) geeignet. Man versetzt eine etwa 10- bis 15prozentige Rohrzuckerlösung mit Malzauszug oder Hefenextrakt oder Pepton, fügt die erforderliche Menge Kreide hinzu und impft den betreffenden Mikroben ein. Die Flüssigkeit wird sofort in einen 40° warmen Raum gebracht, worauf in kurzer Zeit ohne wesentliche Nebenerscheinungen die Milchsäuregärung beendet ist; besonders entwickeln sich bei dieser Temperatur und unter diesen Bedingungen etwa in den Materialien enthaltene Buttersäurebakterien nicht. Über die Art der hierbei entstehenden Milchsäure wird später berichtet werden.

Bereits Jacquemin[2]) hat die Verwendung von Reinkulturen empfohlen, welche er in Malzauszug impft. Die Maltose wird bei 60 bis 65° rasch vergoren.

---

[1]) Ann. 92, 80. — [2]) Journ. Pharm. chim. 23, 229 (1891).

Der Vollständigkeit wegen sei mitgeteilt, dafs die Société anonyme des manufactures du nord und Eugène Boullanger in Lille sich ein Verfahren haben patentieren lassen (Patent 118 063 vom 26. Februar 1901), wonach Milchsäure durch Einwirkung von Schimmelpilzen auf Stärke oder zuckerhaltige Stoffe erzeugt wird. Die Schimmelpilze sollen sich besonders auf Rumexarten finden.

Man pflegt die Milchsäuregärung, je nachdem man vom Milchzucker oder Traubenzucker ausgeht, in nachstehenden Gleichungen auszudrücken:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 4\ C_3H_6O_3$$

oder

$$C_6H_{12}O_6 = 2\ C_3H_6O_3.$$

In Wirklichkeit ist nun die Ausbeute an Milchsäure nie diesen Verhältnissen entsprechend, indem sich regelmäfsig eine mehr oder weniger grofse Menge anderer Produkte bildet. Als solche treten Alkohole[1]), flüchtige Fettsäuren und Gasarten auf. Auch Aceton[2]) ist gefunden worden. Nachdem bereits von A. Mayer[3]) festgestellt war, dafs unter den günstigsten Verhältnissen aus 100 Teilen Milchzucker nur 83,9 Teile Milchsäure gebildet wurden, ist diese Frage der Nebenprodukte eingehender von E. Kayser[4]) studiert worden, welcher gleichzeitig eine vergleichende Untersuchung verschiedener Milchsäurebakterien angestellt hat. Danach produzieren dieselben (er verwandte drei aus

---

[1]) Leichmann, Centralbl. Bakt. 16, 826 (1894). — [2]) Jacksch, Berl. Ber. 19, 781. — [3]) Chem. Centralbl. 91 b, 352. — [4]) Ann. Past. 8, 779 (1894), und Contribution à l'étude de la fermentation lactique. Thèse. Sceaux 1894.

Butter isolierte, den B. Bischleri, B. aërogenes, B. Freudenreichii, einen aus Roggeninfus, zwei aus Brennereimaische, einen aus Sauerkraut, zwei aus belgischem Biere, und einen Mikroben, welcher die Euterentzündung der Kühe hervorruft) von Gasen nur Kohlensäure, an flüchtigen Säuren Essigsäure und Ameisensäure, Aceton und Alkohol. Die Menge der Essigsäure hängt von dem Nährmedium ab, am höchsten ist sie bei Peptonnahrung. Maltose gibt weit mehr Essigsäure als Milchzucker; übrigens wird ein Teil der gebildeten Säure von den Bakterien wieder verbraucht, doch verhalten sich hierin die verschiedenen Arten verschieden.

Die Menge der gebildeten Milchsäure ist auch von der Art des Gärungserregers abhängig, im übrigen steigt sie bei neutraler Reaktion; bei Luftzutritt entsteht mehr flüchtige Säure als bei Luftabschlufs.

Dafs bei jeder Gärung gewisse Nebenprodukte, besonders auch Kohlensäure, entstehen, ist gar nicht auffällig, da naturgemäfs ein Teil des Zuckers durch den Atmungsprozefs der Bakterien verbrannt wird[1]). Es erscheint daher nicht richtig, wenn Gärungsphysiologen die oben aufgestellte Gleichung der Milchsäuregärung beanstanden, weil sie nicht alle Verhältnisse berücksichtige. Wir pflegen auch bei rein chemischen Vorgängen nur die Hauptreaktion durch eine Gleichung auszudrücken, ohne dabei auf alle Nebenvorgänge Rücksicht zu nehmen. Wollte man soweit gehen, so

---

[1]) Adametz, Centralbl. Bakt. 1 (2), 465 (1895).

ergäben sich oft geradezu ungeheuerliche Zahlen. Auch die Gleichung der alkoholischen Gärung

$$C_6H_{12}O_6 = 2\ CO_2 + 2\ C_2H_6O$$

wäre dann nicht ganz exakt, weil daraus die Entstehung von Glycerin, Bernsteinsäure u. s. w. nicht erhellt, und doch wird Niemand ernstlich daran denken, dieselbe für falsch zu erklären.

Ganz wesentlich hängt der Verlauf einer Milchsäuregärung von einer ganzen Reihe von Faktoren ab, nicht nur von der Art der Bakterien, ihrer Virulenz und den Ernährungsbedingungen, sondern von Temperatur, Luftzutritt und der An- oder Abwesenheit bestimmter Substanzen.

Dafs die Milchsäuregärung hauptsächlich, aber nicht immer, ein aerobiotischer Vorgang ist, haben A. Mayer[1]) und Richet[2]) bewiesen. Von letzterem[3]) ist besonders auch auf die Einwirkung gewisser Metallsalze hingewiesen worden. Während ein Zusatz von 0,5 mg Kupfersulfat und Quecksilberchlorid pro Liter fördernd wirken (gewissermafsen als Stimulantien), üben bereits 2,5 mg einen schädlichen Einflufs aus. Spätere Untersuchungen Richets und Chassevants[4]) zeigen ebenso, dafs die Mengen gewisser Salze aufserordentlich klein zu sein brauchen, um hindernden Einflufs zu zeigen. Die Verfasser unterscheiden zwischen einer „dose antigénétique", d. h. der Menge, welche die Vermehrung der Bakterien hemmt, und einer „dose antibiotique", d. h. der Menge, welche dieselben ab-

[1]) Gärungschemie 1895, S. 191. — [2]) Compt. rend. **88**, 14. — [3]) Ebenda, **86**, 550; **114**, 1494. [4]) Ebenda, **117**, 673.

tötet. In folgender Aufstellung sind die Mengen in Molekülen pro Liter ausgedrückt.

| | Dose anti-génétique | Dose anti-biotique | | Dose anti-génétique | Dose anti-biotique |
|---|---|---|---|---|---|
| $Mg\,Cl_2$ | 0,5 | 1,5 | $Zn\,Cl_2$ | 0,0025 | 0,0035 |
| $Li\,Cl$ | 0,25 | 0,5 | $Cu\,Cl_2$ | 0,0015 | 0,0015 |
| $Ca\,Cl_2$ | 0,15 | 0,4 | $Cd\,Cl_2$ | 0,00085 | 0,0021 |
| $Sr\,Cl_2$ | 0,125 | 0,25 | $Pt\,Cl_4$ | 0,00025 | 0,00075 |
| $Ba\,Cl_2$ | 0,125 | 0,25 | $Hg\,Cl_2$ | 0,000185 | 0,000185 |
| $Al\,Cl_3$ | 0,026 | 0,037 | $Ni\,Cl_2$ | 0,000125 | 0,0002 |
| $Mn\,Cl_2$ | 0,0064 | 0,0085 | $Au\,Cl_3$ | 0,00008 | 0,000165 |
| $Fe\,Cl_3$ | 0,004 | 0,005 | $Co\,Cl_2$ | 0,000065 | 0,000065 |
| $Pb(NO_3)_2$ | 0,0036 | 0,0061 | | | |

Von hervorragendem Interesse für Fragen der Praxis sind die Untersuchungen Effronts[1]) geworden, welche die Wirkung der Fluorwasserstoffsäure und deren Salze betreffen. In Maischen wird danach bereits durch 10 mg Flufssäure pro Liter die Entwickelung der Milchsäurebakterien verhindert. Nach Herzfeld und Paetow wurde eine Rohrzuckerlösung, welche mit 0,005 Proz. Fluorammonium oder Fluornatrium oder mit 0,01 Proz. Flufssäure versetzt war, dadurch längere Zeit vor der Inversion durch Milchsäurebakterien geschützt; dagegen hatte die erwähnte Gabe Fluornatrium nicht vor der Ansiedelung von Schimmelpilzen nach 22 Tagen bewahrt.

[1]) Bull. soc. chim. 4, 337 (1890). Vergleiche dazu auch Herzfeld und Paetow, Zeitschr. f. Zuckerind. 41, 501, 678. Soxhlet, Ebenda 41, 502; Arthus und Huber, Compt. rend. 115, 839.

Die schädliche Wirkung der Zinksalze ist bereits oben bei der Darstellungsmethode der Milchsäure erwähnt worden. Beyerinck[1]) hat von derselben eine praktische Verwendung zur Trennung von Milchsäure- und Essigsäurebakterien gemacht. Da beide aus Glukose Säure bilden, so lösen ihre Kolonien, welche auf mit Kreide versetztem Nährboden wachsen, in ihrer Umgebung die letztere auf; ersetzt man nun die Kreide durch Zinkkarbonat, so wachsen nur die Essigsäurebakterien und bilden durchscheinende Flecken.

Sehr empfindlich sind die Milchsäurebakterien gegen freie Säure, besonders Mineralsäuren. Ewald[2]) hat nachgewiesen, dafs die Gegenwart von Salzsäure im Magensaft die Milchsäurebildung stark herabsetzt; bei Gegenwart von 0,15 Proz. HCl entsteht nach Straufs und Bialacour[3]) überhaupt keine Milchsäure mehr, und wie Hirschfeld[4]) angibt, hört die Milchsäurebildung im Magen bereits bei Gegenwart von 0,07 bis 0,08 Proz. Salzsäure auf, dagegen sind erst 0.2 bis 0,25 Proz. Phosphorsäure schädlich. Da der Magensaft in normalem Zustande etwa 0,2 Proz. Salzsäure enthält und trotzdem Milchsäuregärung eintritt, so mufs nach Hirschfelds Ansicht ein Teil der freien Salzsäure durch die alkalische Schleimhaut gebunden werden.

Der Einflufs der Schwefelsäure ist von Hayduck[5]) untersucht worden. 0,03 Proz. dieser Säure verlang-

---

[1]) Centralbl. Bakt. 9, 24, 782. — [2]) Berl. Klin. Wochenschr. 1886, S. 48. — [3]) Ztschr. Klin. Med. 28, 5 u. 6. — [4]) Pflüg. Arch. 47, 510 (1890). — [5]) Chem. Centralbl. 1888, S. 120; 1889, S. 20; 1892, S. 236 und Wochenschr. f. Brauereien 1892, S. 617.

samen die Milchsäuregärung, welche bei 0,04 Proz. ganz aufhört. Bei dieser Gelegenheit ist von Hayduck auch der Einflufs von Hopfen, was Wert für Fragen der Brauerei hat, geprüft worden. Zwei im Hopfen enthaltene Weichharze hindern sehr energisch die Milchsäuregärung, während sie die Essigsäurebakterien nicht schädigen.

Die Untersuchungen Haydducks[1]) beziehen sich auch auf das Verhalten der Milchsäurebakterien gegen ihr eigenes Produkt, die Milchsäure, gegen welches sie nicht minder empfindlich sind. Bei einem Gehalt der Brennereimaische von 0,1 Proz. Säure tritt bereits eine Verzögerung der Milchsäuregärung ein und hört bei 0,15 Proz. gänzlich auf. Nur in dem Falle, dafs sehr zahlreiche Bakterien vorhanden sind, wird wesentlich mehr Säure und zwar bis 1,5 Proz. vertragen.

Es kann auffallend erscheinen, dafs in saurer Milch der Gehalt an Milchsäure ein verhältnismäfsig grofser sein kann, ohne dafs eine Schädigung der Bakterien eintritt, wahrscheinlich wird hier ein Teil der Milchsäure durch Phosphate oder wohl auch durch das Kaseïn gebunden und unschädlich gemacht. 100 Teile Kaseïn sollen nach Timpe[2]) 8,415 Teile Milchsäure binden; jedenfalls verhalten sich die verschiedenen Bakterienarten auch sehr verschieden.

Wenn bisher von Milchsäure die Rede war, so geschah dies ohne Berücksichtigung der Tatsache, dafs nicht eine Form derselben bekannt ist, sondern

[1]) Chem. Centralbl. 1887, S. 1042. — [2]) Arch. Hyg. 18, 1 (1893).

dafs man zwei Hauptformen unterscheidet, von denen die eine wieder in zwei Varianten zerfällt. Je nach der Stellung des Hydroxyls zu der Carboxylgruppe heifsen die beiden Milchsäuren α-Oxypropionsäure $CH_3—CH(OH)—COOH$ und β-Oxypropionsäure $CH_2OH—CH_2—COOH$. Was die letztere Form betrifft, so ist man ihr bislang bei der Gärung noch nicht begegnet. Allerdings liegt eine einzige Angabe Hilgers[1]) vor, dafs sie bei der Vergärung von Inosit mittels faulen Käses entstanden sei; ihre Identität wurde durch Überführung durch Oxydation in Malonsäure $COOH—CH_2—COOH$ festgestellt.

Dagegen erhielt Vohl[2]) bei Wiederholung dieses Versuches lediglich die α-Säure. Durch Gärung entsteht immer nur die α-Oxypropionsäure, welche daher auch meist Gärungsmilchsäure genannt wird. Dieselbe zeigt sich in den meisten Fällen optisch inaktiv; öfters jedoch erweist sie sich nicht indifferent gegen das polarisierte Licht, und da die Gärungsmilchsäure ein asymetrisches Kohlenstoffatom besitzt, so tritt sie in zwei stereoisomeren Formen auf, von denen die eine rechts, die andere links dreht. Die racemische Form dieser beiden Modifikationen stellt die inaktive Milchsäure vor. Im folgenden soll die rechts drehende Milchsäure mit r, die Linksform mit l und die inaktive mit i bezeichnet werden. Alle drei Formen hat man bei der Gärung beobachtet, wenn auch, wie erwähnt,

[1]) Ann. Chem. Pharm. 160, 336 (1871). — [2]) Maly's Jahresber. 1876, S. 274.

meist die i-Säure auftritt. In vielen Fällen sprechen die Autoren nur von Milchsäure im allgemeinen.

Von den optisch aktiven Milchsäuren ist die r-Form die bei weitem häufigere, und die Beobachtung, daſs auch die l-Form auftritt, ist eine verhältnismäſsig junge. Zuerst erhielt sie Schardinger[1]) durch Gärung von Rohrzucker mittels eines Pilzes, den er aus einem Brunnenwasser isoliert hatte. Derselbe zeigt einige Ähnlichkeit mit den Hüppeschen Milchsäurebacillen.

Bei der Vergärung von Rohrzucker entsteht neben Linksmilchsäure noch Kohlensäure und ein brennbares Gas. Schardinger hat diesen Gärungserreger „Bacillus laevolacticus" genannt.

Auf die Anwesenheit einer rechtsdrehenden Milchsäure neben inaktiver in einem aus Milchzucker, Rohrzucker, Traubenzucker oder Dextrin mittels Schweinemagenhaut erhaltenen Gärungsgemisch ist zwar schon von Maly[2]) aufmerksam gemacht worden, aber einen entsprechenden Gärungserreger fanden zuerst Nencki und Sieber[3]) in dem Micrococcus acidi paralactici, welchen sie aus einer unreinen Rauschbrandbacillenkultur zufällig isoliert hatten.

Diese zunächst vereinzelt dastehenden Befunde sind mit der Zeit durch zahlreiche ähnliche Beobachtungen vermehrt worden. Sowohl die r- wie die l-Milchsäure hat man aus Milchsäuregärungen isolieren können.

---

[1]) Monatsh. Chem. 11, 545 (1890). — [2]) Berl. Ber. 7, 1567. — [3]) Monatsh. Chem. 10, 532.

Welche Art der Säure bei einer Gärung entsteht, hängt zunächst im wesentlichen von der Art des Gärungserregers ab, in manchen Fällen mufs man auch mit der Möglichkeit rechnen, dafs zunächst die racemische Form gebildet wird, deren einer aktiver Bestandteil von Seiten der Bakterien wieder einer weiteren Veränderung unterliegt, so dafs der andere übrig bleibt. Wenigstens haben Frankland und Mac Gregor[1]) solche Beobachtungen mitgeteilt.

Indes mehren sich doch die Anzeichen, welche dafür sprechen, dafs nicht nur eine ganze Reihe von Faktoren hier mitsprechen, sondern dafs auch derselbe Pilz unter Umständen verschiedene Formen der Milchsäure produzieren kann. Nenckis[2]) Ansicht, dafs ein und derselbe Gärungserreger aus einem bestimmten Material stets dasselbe Produkt liefere, ist damit unhaltbar geworden; gerade das Bacterium coli, welches Nencki als Beweis herangezogen hatte, verhält sich, wie wir gleich sehen werden, ganz verschieden.

Recht interessante Beobachtungen hat nach dieser Richtung hin Kayser[3]) angestellt. Nach ihm hängt die Natur der gebildeten Milchsäure von dem Nährsubstrat so gut wie von dem Gärungserreger ab. Ein und derselbe Bacillus aus Brennereimaische erzeugte aus Glukose l-Säure, aus Maltose die Rechts- und aus Milchzucker die inaktive Form. Dieselbe Bakterienart kann verschiedene Milchsäuren bilden, und manche erzeugen aus verschiedenen Zuckern dieselbe Modifikation.

---

[1]) Journ. chem. Soc. 63, 1028 (1893). — [2]) Centralbl. Bakt. 9, 304. — [3]) A. a. O.

Im Anschlufs hieran bemerken Günther und Thierfelder[1]), dafs die in spontan geronnener Milch vorhandene Säure nicht immer die inaktive Milchsäure sei, man finde häufig auch die Rechtsform.

Noch instruktiver sind die Versuche Pérés[2]), welche den Einflufs der Stickstoffquelle dartun. Entgegen den Beobachtungen von Bischler und Blachstein[3]), dafs das Bacterium coli aus Glukose stets die Rechtsmilchsäure bilde, fand er, dafs bei Peptonnahrung unter diesen Verhältnissen eine andere Form als bei Ammoniaknahrung entsteht. Temperatur und einige andere Faktoren wurden noch berücksichtigt.

Bei Verwendung von 10 g des Kohlehydrats, 3 g Pepton, 6 g Calciumkarbonat in 200 ccm Wasser entstand bei 38° aus:

Dextrose ein Gemenge von i- und l-Säure.
Mannose, Galaktose, Invertzucker i-Säure.
Arabinose l-Säure.
Rohrzucker r-Säure.
Laktose, Mannit, Dulcit, Glycerin l-Säure.

Ein Zusatz von 1 pro Tausend Phenol hindert die Gärung nicht bei Pepton-, wohl aber bei Ammoniaknahrung, ein Herabsetzen der Temperatur auf 25° hat zur Folge, dafs aus Dextrose mehr inaktive Säure gebildet wird, und wird die Peptonmenge auf 0,15 Proz. reduziert, so entsteht nur l-Säure.

---

[1]) Hyg. Rundsch. 1894, S. 405. — [2]) Ann. Past. 12, 63 bis 72. — [3]) Arch. des sciences biol. Instit. imp. St. Petersbourg 1, 1 u. 2.

Wählt man statt des Peptons 1 Proz. Ammonsulfat und 1 Proz. Ammonphosphat, so liefert die Mannose bei 38° statt der inaktiven die l-Milchsäure, bei Zusatz von 5 pro Tausend Phenol aber Rechtssäure. Erniedrigt man die Temperatur auf 25°, so bildet sich die r- und i-Form.

Péré hat mit zwei Kolibakterien verschiedener Provenienz gearbeitet, das eine stammte aus dem Darm eines Erwachsenen, das andere aus dem eines Säuglings her. Beide verhielten sich etwas verschieden. Es bleibt jedoch immer die Frage bestehen, ob hier zwei Arten vorliegen, welche beide unter dem Namen Bacterium coli zu vereinigen sind. Gerade mit diesem Namen wird vielfach sehr grofser Mifsbrauch getrieben, man sollte Bacterium coli nur die Art nennen, welcher ganz bestimmte morphologische und biologische Eigenschaften zukommen. Die vielfach aufgeführten Varietäten, welche oft ganz andere Eigenschaften zeigen, sind eben nicht das Bacterium coli.

In neuerer Zeit hat sich besonders A. Harden[1]) mit den Gärungsprodukten der Kohlehydrate mittels des Bacterium coli beschäftigt, seine Resultate bestätigen zum Teil die Péréschen Angaben, teilweise weichen sie aber von denselben ab. Aus Glukose entsteht danach hauptsächlich die l-Milchsäure neben 5 bis 25 Proz. der inaktiven Form; wie Glukose verhalten sich auch Fruktose, Arabinose und Galaktose. Dagegen liefert Mannit nur Linkssäure. Dabei wird

[1]) Chem. Soc., Mai 1901.

jedoch stets weniger als die Hälfte des Zuckers in Milchsäure übergeführt. Als Nebenprodukte entstehen Gasarten, Alkohol, Bernsteinsäure, Essigsäure, Ameisensäure. Bei der Glukose sind die Mengen der Produkte ziemlich genau durch die Gleichung:

$$2\,C_6H_{12}O_6 + H_2O = 2\,C_3H_6O_3 + C_2H_4O_2 + C_2H_6O + 2\,CO_2 + 2\,H_2$$

ausdrückbar.

Die gröſste Menge Alkohol entsteht aus Mannit.

Die Hardenschen Arbeiten bringen zum erstenmal theoretische Spekulationen über die Abhängigkeit der Gärungsprodukte von der chemischen Konstitution des Gärungssubstrats. Die Eigenschaft, Alkohol zu erzeugen, schreibt Harden der Gruppe

$$CH_2OH{-}CHOH$$

zu. Dieselbe ist im Traubenzucker

$$CH_2OH(CHOH)_4{-}CHO$$

nur einmal, im Mannit

$$CH_2OH{-}(CHOH)_4{-}CH_2OH$$

aber zweimal enthalten, daher liefert letzterer auch mehr Alkohol. Glycerin endlich

$$CH_2OH{-}CH(OH){-}CH_2OH$$

geht glatt in Alkohol und Ameisensäure über.

Den Mechanismus der Vergärung des Traubenzuckers durch Bacterium coli denkt sich Harden folgendermaſsen: Zwei Moleküle werden nach dem Schema gespalten:

$$\begin{array}{ll} \mathrm{CH_2OH} & \\ | & \\ \mathrm{CHOH} & \mathrm{CH_2OH} \end{array} = \mathrm{CH_3{-}CH_2OH} + \mathrm{CO_2} + \mathrm{H_2}$$

$$\begin{array}{ll} \mathrm{CHOH} & \mathrm{CHOH} \\ | & | \\ \mathrm{CHOH} & \mathrm{CHOH} \\ | & | \\ \mathrm{CHOH} & \mathrm{CHOH} \end{array} = \text{Milchsäure} + \text{Bernsteinsäure u. s. w.}$$

$$\begin{array}{ll} \mathrm{COH} & \mathrm{CHOH} \\ & | \\ & \mathrm{COH} \end{array} + \mathrm{H_2O} = \mathrm{CH_3{-}COOH} + \mathrm{CO_2} + \mathrm{H_2}$$

bei Mannit aber gestaltet sich der Vorgang so:

$$\begin{array}{ll} \mathrm{CH_2OH} & \\ | & \\ \mathrm{CHOH} & \mathrm{CH_2OH} \end{array} = \mathrm{CH_3{-}CH_2OH} + \mathrm{CO_2} + \mathrm{H_2}$$

$$\begin{array}{ll} \mathrm{CHOH} & \mathrm{CHOH} \\ | & | \\ \mathrm{CHOH} & \mathrm{CHOH} \\ | & | \\ \mathrm{CHOH} & \mathrm{CHOH} \end{array} = \text{Milchsäure u. s. w.}$$

$$\begin{array}{ll} \mathrm{CH_2OH} & \mathrm{CHOH} \\ & | \\ & \mathrm{CH_2OH} \end{array} = \mathrm{CH_3{-}CH_2OH} + \mathrm{CO_2} + \mathrm{H_2}.$$

Beim Übergang der mittleren CHOH-Gruppen in Milchsäure bleibt die vorhandene Asymmetrie bestehen, und es entstehen aktive Milchsäuren, die Form derselben aber hängt lediglich von der Konfiguration des protoplasmatischen Enzyms des Gärungserregers ab. Hier sind also die Fischerschen Ansichten über die spezifischen Enzymwirkungen auf die Milchsäurebildner übertragen. Ob die Hardenschen Ansichten sich als durchaus stichhaltig erweisen werden, bleibt abzuwarten, jedenfalls sind zahlreiche Fälle bekannt, in denen ein und derselbe Pilz je nach den Bedingungen bald so, bald anders wirkt. Dagegen ist es nicht auffallend, dafs Abweichungen im chemischen Aufbau des Mole-

küls Veranlassung zur Entstehung anderer Gärungsprodukte geben. So zeigte Tate[1]), dafs bei der Vergärung von Dextrose durch einen auf Birnen gefundenen Mikroben aus 9 Molekülen 2 Moleküle Alkohol, 1 Molekül Bernsteinsäure und 7 bis 8 Moleküle l-Milchsäure entstehen, während die isomere Rhamnose (eine Methylpentose) unter denselben Bedingungen 5 Moleküle Essigsäure und 4 Moleküle i-Milchsäure bildet. Dafs die Angaben über die Natur der in geronnener Milch vorkommenden Säure sich vielfach widersprechen, ist nicht nur auf die äufseren Bedingungen der Gerinnung, sondern zum grofsen Teil gewifs auf die verschiedenen Milchsäurepilze zurückzuführen, worauf bereits hingewiesen worden ist.

Nach Günther und Thierfelder[2]) ist in spontan geronnener Milch ein Gemisch von inaktiver und r-Milchsäure. Kozai[3]) fand bald die r-, bald die i-Form, bald ein Gemisch beider; es scheint, als ob die Temperatur dabei einen wesentlichen und bestimmenden Einflufs ausübt, denn bei gewöhnlicher Temperatur soll vorwiegend Rechts-, bei Bruttemperatur inaktive Säure entstehen. Leichmann[4]) dagegen fand bei höherer Temperatur die Linksform. Es geht hieraus mit Gewifsheit hervor, dafs verschiedene Pilze die Milchsäuregärung bewirkt haben.

In dem Bacterium coli haben wir bereits einen Pilz kennen gelernt, welcher zwar aus verschiedenen Kohlehydraten Milchsäure erzeugen kann, welcher je-

---

[1]) Journ. Amer. Soc. 63, 1263. — [2]) A. a. O. — [3]) Zeitschr. Hyg. 31, 2, 1899. — [4]) A. a. O.

doch nicht zu den spezifischen Milchsäureerregern zu rechnen ist, da vielfach die Nebenprodukte die Milchsäure quantitativ stark überragen. Bakterienarten, welche in gröfserer oder kleinerer Menge Milchsäure neben anderen Produkten zu erzeugen vermögen, sind in grofser Anzahl bekannt, und wenn es auch nicht möglich ist, dieselben sämtlich hier namentlich aufzuführen, so sollen doch im folgenden die wichtigsten erwähnt werden, besonders diejenigen, denen auch in anderer Beziehung eine gewisse Wichtigkeit zukommt. Sie rekrutieren sich aus allen Formen der Bakterien, Bacillen, Kokken, Spirillen, aus saprophyten und pathogenen Arten.

Bei Vibrionen hat Gosio[1]) die Fähigkeit, Milchsäure zu bilden, nachgewiesen. Acht untersuchte Arten erzeugten in Glukosebouillon Linksmilchsäure neben Essig-, Butter- und Isovaleriansäure, Alkohol, Aldehyd und Aceton, und zwar: der Vibrio Dunbar, Vibrio dannubicus, Vibrio Wernicke I, II, III, Vibrio Koch, Vibrio Massauah und Vibrio Calcutta. Die Menge der Milchsäure war proportional der Virulenz der Vibrionen.

Nach Kuprianow[2]) erzeugen der Vibrio berolinensis, Vibrio Bonhof I, Vibrio aquatilis inaktive Säure, der Vibrio Bonhof II, Koch, Finkler-Prior, Metschnikow, Weibel Linkssäure, der Vibrio Denecke aber Rechtsmilchsäure. Im Gegensatz zu den übereinstimmenden Resultaten Gosios und Kuprianows stehen die

---

[1]) Arch. Hyg. 21, 114; 22, 1. — [2]) Ebenda 19, 291 (1893).

Angaben Rontalers[1]) bezüglich des Choleravibrionen und des Vibrio Massauah, welche in Zuckerlösungen inaktive Milchsäure bilden sollen. Dafs der Vibrio cholerae asiaticae überhaupt Milchsäure bildet, ist entgegen vielfachen früheren Zweifeln überzeugend von Feran[2]) und de Haan und Huysse[3]) nachgewiesen worden.

Die Friedländerschen Pneumoniekokken geben Veranlassung zur Erzeugung von Milchsäure aus den verschiedensten Kohlehydraten und Alkoholen. Zuerst hatte Brieger[4]) in Traubenzuckerlösungen, welche mit Kreide versetzt waren, durch diese Kokken nur die Entstehung reichlicher Mengen Kohlensäure, daneben die Bildung von Essigsäure und Ameisensäure beobachtet. Eingehendere Untersuchungen liegen von Frankland, Stanley und Frew[5]) vor. Sie fanden neben diesen Substanzen noch Alkohol und Bernsteinsäure. Aus 3 g Glukose wurden 150,5 ccm Gas gewonnen, welches aus 51,14 Proz. $CO_2$, 0,07 Proz. O, 47,41 Proz. H und 1,38 Proz. N bestand. Mannit lieferte, in derselben Menge vergoren, 209,6 ccm Gas, dessen Zusammensetzung aber, wie auch bei Glukose, mit der Länge der Gärung wechselt.

Endlich hat Grimbert[6]) nachgewiesen, dafs die Pneumoniekokken aufser den obigen Produkten nicht unerhebliche Mengen Milchsäure bilden. Aus je 100 Tln.

---

[1]) Arch. Hyg. 22, 301. — [2]) Centralbl. Bakt. 12, 630. — [3]) Ebenda 15. 268. — [4]) Zeitschr. physiol. Chem. 8, 310. — [5]) Journ. chem. Soc. 59, 253. — [6]) Ann. Pasteur 9, 840.

nachstehender Substanzen erhielt er folgende Quantitäten Milchsäure, Essigsäure, Alkohol u. s. w.

| Aus 100 Teilen | Alkohol | Essigsäure | l-Milchsäure | Bernsteinsäure |
|---|---|---|---|---|
| Glukose . . . . | Spur | 11,06 | 58,49 | — |
| Galaktose . . . | 7,66 | 16,60 | 53,33 | 0 |
| Arabinose . . | 0 | 36,13 | 49,93 | 0 |
| Glycerin . . . | 10,00 | 11,82 | 27,32 | 0 |
| Mannit . . . . | 11,4 | 10,60 | 36,63 | 0 |
| Dulcit . . . . | 29,33 | 9,46 | 0 | 21,63 |
| Saccharose . . | Spur | 29,53 | 34,6 + Bernsteinsäure | |
| Laktose . . . . | 13 bis 16 | 21 bis 30 | 0 | 23 bis 27 |
| Maltose . . . . | Spur | 35,53 | nicht best. | nicht best. |
| Dextrin . . . . | „ | 10,13 | 0 | 13,96 |

Nach Lübbert[1]) erzeugt der Staphylococcus pyogenes aureus aus Zucker Milchsäure, Buttersäure und Alkohol; Hugounenq und Doyon[2]) geben an, dafs bei aerober Vergärung Alkohol und i-Säure, bei anaerober aufserdem etwas r-Säure entstehe.

Milchsäure bildet ferner der Diplococcus lanceolatus[3]) aus Glukose neben anderen organischen Säuren und Kohlensäure, der Streptococcus sporadiae aus Glukose, Milchzucker und Glycerin (Bischler und Dzierzgowski[4]), der Streptococcus der Rindermastitis (Nencki[5]), r-Milchsäure aus Milchzucker.

Über die Eigenschaft des Bacterium coli, Milchsäure zu bilden, ist bereits wiederholt berichtet worden.

---

[1]) Spaltpilzuntersuchungen. — [2]) Arch. Phys. 30, 386 (1899). — [3]) Flügge, Mikroorganismen. — [4]) Milchztg. 21. — [5]) Landwirtsch. Jahrb. f. d. Schweiz 5.

In Milchzuckerlösungen entsteht nach Brieger[1]) bei Zusatz von Pepton Essigsäure, Ameisensäure, Milchsäure. Das Verhältnis der Säuren zueinander ist 30 Proz. Milchsäure auf 70 Proz. andere Säuren. Günstiger gestaltet sich das Verhältnis der Milchsäure nach Oppenheimer[2]) bei Luftabschlufs.

Wahrscheinlich identisch mit Bacterium coli ist ein von Gaertner[3]) aus einer unreinen Staphylokokkenkultur isolierter Bacillus, der sich durch starkes Gärungsvermögen auszeichnet, wofür die Untersuchungen von Klein[4]) und Henke[5]) sprechen.

Das Gärungsvermögen und die Natur der gebildeten Säure ist vielfach zur Unterscheidung des Bacterium coli von dem ihm morphologisch so ähnlichen Erreger des Typhus benutzt worden, wie denn gerade über die Differentialdiagnose dieser beiden Mikroben eine grofse Litteratur erschienen ist. Blachstein[6]) hat auf die Eigenschaft des Bacterium coli, aus Glukose r-Milchsäure zu bilden, aufmerksam gemacht, während der Bacillus typhi l-Säure erzeugt. Proskauer und Capaldi[7]) benutzen zur Unterscheidung das stärkere Säuerungsvermögen des Bacterium coli. Von ihm wird eine Lösung von Traubenzucker, Lävulose, Milchzucker, Mannose, welche 2 Tausendstel Asparagin, 2 Tausendstel Magnesiumsulfat, 5 Tausendstel Zitronensäure, 2 Tausendstel Kaliumphosphat, 0,2 Tausendstel Calciumchlorid ent-

[1]) Zeitschr. f. physiol. Chem. 13, 352. — [2]) Centralbl. f. Bakt. 6, 586. — [3]) Ebenda 15, 1. — [4]) Ebenda 15, 276. — [5]) Ebenda 16, 481. — [6]) Ebenda 16, 862. — [7]) Zeitschr. f. Hyg. 23, 452.

hält und mit Natronlauge schwach alkalisch gemacht ist, gesäuert, während der Typhusbacillus keine Säuerung bewirkt. In den meisten Fällen und mit Vorteil wird die von Th. Smith[1]) vorgeschlagene Methode angewendet. Wenn zweiprozentige Glukosebouillon mit Typhusbacillen geimpft wird, so bewirken sie bei 37° Säuerung, ohne dafs Gas auftritt; das Bacterium coli bildet unter gleichen Verhältnissen nicht nur Säure, sondern auch reichlich Gas. Letzteres entsteht aus der zuerst gebildeten Ameisensäure (Harden):

$$CO_2H_2 = CO_2 + H_2.$$

Zum schnellen Nachweis des Bacterium coli schlägt v. Freudenreich[2]) eine fünfprozentige Milchzuckerlösung vor, welche bei 37° intensiv vergoren wird. Der Typhusbacillus vergärt Milchzucker nicht.

Der Diphtheriebacillus erzeugt aus Glukose Milchsäure neben Ameisensäure und Bernsteinsäure (Dzierzgowski[3]). Milchzucker wird nach Kerry und Fränkel[4]) durch den Bacillus oedematis maligni langsam zu Essigsäure und Milchsäure, Stärke zu Alkohol, Ameisensäure und Milchsäure vergoren. Es liefern ferner Milchsäure: der Bacillus strumitis aus Glukose neben Bernsteinsäure (Kunz[5]); der Bacillus butylicus aus Mannit, Glycerin und Invertzucker (Fitz[6]). Von 17 aus der Mundhöhle und aus Faeces stammenden Bakterienarten bildeten nach Vignal[7]) 9 aus Milchzucker Milchsäure.

[1]) Centralbl. f. Bakt. 7, 1890; 16, 504. — [2]) Ebenda 18, 102. — [3]) Chem. Centralbl. 1892, II, S. 928. — [4]) Monatsh. f. Chem. 12, 380. — [5]) Ebenda 9, 363. — [6]) Berl. Ber. 1882, S. 878. — [7]) C. R. 105, 311.

Der Bacillus boocopricus gibt in Glukose Veranlassung zur Bildung von r-Milchsäure, aus Milchzucker bildet sich daneben noch Bernsteinsäure (Emmerling[1]). Ein nicht näher charakterisiertes Ferment erzeugte aus Sorbinose Milchsäure (Berthelot[2]). l-Säure wird nach Gosio und Biginelli[3]) aus Glukose durch die Bacillen der Bubonenpest erzeugt.

Als Milchsäurebildner sind ferner noch zu erwähnen: Der Bacillus vaginae aus Glukose (Döderlein, nach Flügge Mikroorg.); der Bacillus caucasicus (Beyerinck[4]), der Bacillus anthracis symptomatici (Nencki und Sieber[5]), der Bacillus mycoides aus Glukose (Emmerling[6]); der Bacillus orthobutylicus aus Arabinose (Grimbert[7]). Eine Angabe van de Veldes[8]), dafs der Bacillus subtilis aus Glukose Milchsäure bilde, ist von E. Buchner[9]) als irrtümlich nachgewiesen worden; der Bacillus subtilis ist überhaupt kein Gärungserreger, wie bei Besprechung der Buttersäuregärung nochmals nachgewiesen werden soll.

Es mag an dieser Stelle kurz die Methode angeführt werden, aus Gärungsgemischen die Milchsäure zu gewinnen und sie näher zu charakterisieren. Durch Destillation eventuell nach Ansäuern mit Salzsäure werden flüchtige Säuren, Alkohole u. s. w. entfernt, der

---

[1]) Berl. Ber. 29, 2727. — [2]) Ann. chim. 3, 50, 350. — [3]) Sul ricambio del B. della peste bubbonica in terreno glucosato. Riv. d'Igiene e San. publ. 9, 2 (1898). — [4]) Centralbl. f. Bakt. 1892, S. 446. — [5]) Monatsh. 10, 532. — [6]) Berl. Ber. 1897, S. 1869. — [7]) Chem.-Ztg. 17, 169. — [8]) Zeitschr. f. physiol. Chem. 8, 367. — [9]) Ebenda 9, 398.

Rückstand wird auf dem Wasserbad zum Sirup verdampft und wiederholt mit reichlich Äther ausgezogen. Die nach Verjagen des Äthers hinterbleibende Flüssigkeit wird in Wasser gelöst und mit Zinkoxyd oder Zinkkarbonat bis zur Sättigung gekocht, mit Tierkohle entfärbt, filtriert und zur Kristallisation verdampft. Zunächst scheidet sich das Zinksalz der inaktiven Milchsäure aus, die Salze der aktiven Säuren sind weit löslicher. Das inaktive Zinklaktat entspricht der Zusammensetzung $(C_3H_5O_3)_2 Zn + 3 H_2O$ und enthält 27,27 Proz. ZnO und 18,18 Proz. $H_2O$. Die Zinksalze der aktiven Säuren sind nach der Formel $(C_3H_5O_3)_2 Zn + 2 H_2O$ zusammengesetzt, enthalten also 29,0 Proz. ZnO und 12,9 Proz. $H_2O$. Das Drehungsvermögen der aktiven Säuren ist nicht sehr grofs. $(\alpha) D = 3{,}5^0$.

Nicht zu übersehen ist, dafs die Zinksalze umgekehrt drehen wie die entsprechenden Säuren.

Die nachstehenden Tabellen werden die Übersicht über die bekannten milchsäurebildenden Bakterien erleichtern. Es werden vergoren durch:

1. Milch.

| Name der Bakterien | Form d. Milchsäure | Nebenprodukte | Autor |
|---|---|---|---|
| Micrococcus lactis acidi thermophil. . . . . | R | — | Leichmann |
| Streptococc. acidi lactici | R | — | Grotenfelt |
| „ a u. b des Kefirs | ? | — | v. Freudenreich |
| „ des Mazuns . . | I | — | Emmerling |

| Name der Bakterien | Form d. Milchsäure | Nebenprodukte | Autor |
|---|---|---|---|
| Staphylococcus pyogenes aur. . . . . . . . . . | ? | Alkohol, Buttersäure | Lübbert |
| Milchsäurebac. Kiel I, II, III . . . . . . . . . . | ? | — | Weigmann |
| Milchsäurebac. Hagenberg | ? | — | " |
| Bacterium lactis acidi . | R b. nied. Temp. L bei 44 bis 50° | — | Leichmann |
| " casei I u. II . . | R | flüchtige Säure | Leichmann u. Bazarewski |
| Bacillus lacticus . . . . | R | — | Günther und Thierfelder |
| " acidi lactici . . | R u. L | — | Esten |
| " " " | R | Gase | Hüppe |
| " " " I u. II | R | " | Grotenfelt |

## 2. Glukose.

| Name der Bakterien | Form d. Milchsäure | Nebenprodukte | Autor |
|---|---|---|---|
| Micrococcus acidi laevolactici . . . . . . . . | L | Gas | Leichmann |
| Micrococcus acidi paralactici . . . . . . . . | R | — | Nencki und Sieber |
| Pneumoniekokken . . . | L | Alkohol, Essigsäure Bernsteins. | Grimbert |
| Micrococc. gelatinogenes | ? | Schleim | Bräutigam |
| Erysipelkokken . . . . | R | Kohlensäure | Salberg, Inaug.-Diss. Warschau 1891. |
| Streptococcus sporadiae | ? | " | Bischler und Dzierzgowski |

| Name der Bakterien | Form d. Milch-säure | Neben-produkte | Autor |
|---|---|---|---|
| Streptococcus mastitidis | ? | Essigsäure | Kerry und Fränkel |
| Leuconostoc. mesenterioides | ? | Gallert | Winter |
| Pediococcus lactis acidi | | — | Lindner |
| Bac. diphtheriae . . . . | ? | Ameisens. Bernsteins. | Dzierzgowski |
| Bacillus acidi laevolactici | L | Kohlensäure Alkohol | Schardinger |
| „ „ „ Halensis | L | Gas | Kozai |
| „ strumitis . . . . . | ? | Bernsteins. | Kunz |
| „ vaginae . . . . . . | ? | — | Döderlein |
| „ roseus vini . . . . | ? | Essigsäure Buttersäure | Bordas und Raczkowski |
| „ acidificans longissimus . . . . . . . | L | — | Kowratzki |
| „ Lindneri . . . . . | ? | — | „ |
| „ butylicus . . . . . | ? | — | Fitz |
| „ boocopricus . . . . | R | Alkohol | Emmerling |
| „ lactis aerogenes . . | I | Alkohol Essigsäure | „ |
| „ typhosus . . . . . | L | — | Blachstein |
| „ mycoides . . . . | I | — | Emmerling |
| Saccharobacillus pastorianus . . . . . . . . | ? | — | Kownatzki |
| Saccharobacillus pastor. var. berolinensis . . . | I | — | „ |
| Bacterium brassicae acidae . . . . . . | I | Kohlensäure Wasserstoff Methan | Conrad |
| „ pabuli acidi I . | R | — | E. Weifs, Inaug.-Diss. Göttingen 1898. |

| Name der Bakterien | Form d. Milch-säure | Neben-produkte | Autor |
|---|---|---|---|
| Bacterium pabuli acidi II | R | Essigsäure | E. Weifs,<br>Inaug.-Diss.<br>Göttingen 1898 |
| „ „ „ III | I | Kohlensäure | „ |
| „ casei I . . . . | R | flüchtige<br>Säuren | Leichmann u.<br>Bazarewski |
| „ coli . . . . . | R u. I | Alkohol<br>Essigsäure<br>Ameisens.<br>Bernsteins.<br>Kohlensäure<br>Wasserstoff | Harden,<br>Nencki, Péré<br>u. a. |
| „ Tates . . . . . | L | Alkohol<br>Bernsteins. | Tate |
| Vibrio Dunbar . . . . . | L | Essigsäure<br>Buttersäure<br>Isovalerians.<br>Alkohol<br>Aldehyd<br>Aceton | Gosio |
| „ danubicus . . . . | L | „ | „ |
| „ Wernicke I, II, III | L | „ | „ |
| „ Koch . . . . . . | L | „ | „ nach Rontaler I-Säure |
| „ Massauah . . . . | L | „ | „ |
| „ Calcutta . . . . . | L | „ | „ |
| „ berolinensis . . . | I | ? | Kuprianow |
| „ Bonhof I . . . . | I | ? | „ |
| „ Finkler-Prior . . | L | ? | „ |
| „ Metschnikof . . . | L | ? | „ |
| „ Weibel . . . . . | L | ? | „ |
| „ Denecke . . . . . | R | ? | „ |
| „ aquatilis . . . . . | I | ? | „ |

| Name der Bakterien | Form d. Milchsäure | Nebenprodukte | Autor |
|---|---|---|---|
| **3. Lävulose.** | | | |
| Pediococcus lactis acidi | ? | — | Kownatzki |
| Bacillus acidificans longissimus | L | — | " |
| Bacillus butylicus | ? | — | Fitz |
| " coli | L u. I | Gase und Säuren Alkohol | Harden |
| " pabuli acidi III | I | Kohlensäure | Weifs |
| Saccharobacillus pastorianus | ? | — | Kownatzki |
| Saccharobacillus pastorianus var. berol. | I | — | " |
| **4. Galaktose.** | | | |
| Pediococcus lactis acidi | ? | — | Kownatzki |
| Pneumoniekokken | L | Alkohol Essigsäure | Grimbert |
| Bacillus acidificans longissimus | L | — | Kownatzki |
| Saccharobacillus pastorianus | ? | — | " |
| Saccharobacillus var. berolinenis | I | — | " |
| Bacterium coli | R und I | H, $CO_2$, Alkohol Säuren | Harden |
| **5. Mannose.** | | | |
| Bacterium coli | L | bei Ammonnahrung | Péré |

| Name der Bakterien | Form d. Milchsäure | Nebenprodukte | Autor |
|---|---|---|---|
| Bacterium coli . . . . . | R | Bei Zusatz von 1 Tausendstel Phenol | Péré |

6. Rohrzucker.

| Name der Bakterien | Form d. Milchsäure | Nebenprodukte | Autor |
|---|---|---|---|
| Micrococcus acidi laevolact. . . . . . . . . . | L | Gas | Leichmann |
| Pneumoniekokken . . . | L | Alkohol Essigsäure Bernsteins. | Grimbert |
| Streptococcus sporadiae | ? | $CO_2$ | Bischler und Dzierzgowski |
| Bacillus acidi laevolact. . | L | $CO_2$ und Alkohol | Schardinger |
| " acidi halensis . . | L | Gas | Kozai |
| " diphtheriae . . . | ? | Ameisens. Bernsteins. | Dzierzgowski |
| " strumitis . . . . | ? | Bernsteins. | Kunz |
| " vaginae . . . . . | ? | — | Döderlein |
| " oedem. maligni . | I | Ameisens. Buttersäure Alkohol | Kerry und Fränkel |
| " acidificans longissim. . . . . . . . . . | L[1]) | — | Kownatzki |
| Bacillus Lindneri . . . | ? | — | " |
| Saccharobacillus pastorianus . . . . . . . . . | ? | — | " |
| Saccharobacillus var. berolinensis . . . . . . | I | — | " |

[1]) Nach des Verfassers Versuchen entsteht aus Rohrzucker hauptsächlich inaktive Säure neben wenig r-Milchsäure.

| Name der Bakterien | Form d. Milchsäure | Nebenprodukte | Autor |
|---|---|---|---|
| Bacterium coli . . . . . | R bei 38⁰ | — | Péré |
| „ vermiforme . | ? | — | Marshall Ward |
| „ pabuli acidi I | R | — | Weiſs |

7. Maltose.

| Name der Bakterien | Form d. Milchsäure | Nebenprodukte | Autor |
|---|---|---|---|
| Pediococcus acidi lactici | ? | — | Lindner |
| Bacillus acidificans long. | L | — | Kowatzki |
| „ Lindneri . . . . | ? | — | „ |
| „ fervitosus . . . | ? | Alkohol<br>Essigsäure | Adametz |
| Saccharobacillus pastor. | ? | — | Kowatzki |
| „ var. berolinensis | I | — | „ |
| Bacterium brassicae acidae . . . . . . . . . | I | Kohlensäure<br>Wasserstoff<br>Methan | Conrad |
| Bacterium pabuli acidi III | I | Kohlensäure | Weiſs |
| „ casei I . . . . | L | flüchtige Säure | Leichmann u. Bazarewski |

8. Laktose.

| Name der Bakterien | Form d. Milchsäure | Nebenprodukte | Autor |
|---|---|---|---|
| Micrococcus acidi laevolactici . . . . . . . . | L | Gas | Leichmann |
| Streptococcus mastitidis | R | Kohlensäure | Nencki |
| Pediococcus lactis acidi | ? | — | Kowatzki |
| Bacillus acidi laevolactici | L | Kohlensäure<br>Alkohol | Schardinger |
| „ „ halensis | L | Gas | Kozai |
| „ „ oedem. maligni . . . . . . . | ? | Essigsäure | Kerry und Fränkel |
| Bacillus caucasicus . . . | ? | — | Beyerinck |
| „ boocopricus . . | R | Alkohol<br>Bernsteins. | Emmerling |
| Bacterium coli . . . . . | L bei 38⁰ | — | Péré |

| Name der Bakterien | Form d. Milch-säure | Neben-produkte | Autor |
|---|---|---|---|
| Bacterium brassicae acidae | I | Kohlensäure Wasserstoff Methan | Conrad |
| Bacterium pabuli acidi II | R | Essigsäure | Weiſs |
| " " " III | I | Kohlensäure | " |
| " casei I u. II | R | flüchtige Säure | Leichmann u. Bazarewski |

9. Raffinose.

| Name der Bakterien | Form d. Milch-säure | Neben-produkte | Autor |
|---|---|---|---|
| Saccharobacillus pastorianus | ? | — | Kownatzki |

10. Trehalose.

| Name der Bakterien | Form d. Milch-säure | Neben-produkte | Autor |
|---|---|---|---|
| Pediococcus lactis acidi | ? | — | Kownatzki |
| Saccharobacillus pastorianus | ? | — | " |

11. Rhamnose.

| Name der Bakterien | Form d. Milch-säure | Neben-produkte | Autor |
|---|---|---|---|
| Bacillus Tates | I | Essigsäure | Tate |

12. Dextrin.

| Name der Bakterien | Form d. Milch-säure | Neben-produkte | Autor |
|---|---|---|---|
| Pediococcus lactis acidi | ? | — | Kownatzki |
| Saccharobacillus pastorianus | ? | — | " |
| Saccharobacillus var. berolinensis | I | — | " |

13. Stärke.

| Name der Bakterien | Form d. Milch-säure | Neben-produkte | Autor |
|---|---|---|---|
| Bacillus oedem. maligni | ? | Alkohol Ameisens. | Kerry und Fränkel |

| Name der Bakterien | Form d. Milchsäure | Nebenprodukte | Autor |
|---|---|---|---|
| Bacillus furfuris . . . . | ? | Ameisens.<br>Essigsäure<br>Buttersäure | Wood und Wilcox |
| „ panificans . . . | ? | Kohlensäure | Laurent |

## 14. Arabinose.

| Name der Bakterien | Form d. Milchsäure | Nebenprodukte | Autor |
|---|---|---|---|
| Pneumoniekokken . . . | L | Alkohol<br>Essigsäure | Grimbert |
| Bacillus orthobutylicus . | ? | Butylalkohol<br>Essigsäure<br>Buttersäure<br>Kohlensäure<br>Wasserstoff | „ |
| Saccharobacillus pastor. | ? | — | Kownatzki |
| Bacterium coli . . . . . | R und I | Wasserstoff<br>Kohlensäure<br>organ. Säure | Harden |

## 15. Xylose.

| Name der Bakterien | Form d. Milchsäure | Nebenprodukte | Autor |
|---|---|---|---|
| Pediococcus lactis acidi | ? | — | Kownatzki |

## 16. Glycerin.

| Name der Bakterien | Form d. Milchsäure | Nebenprodukte | Autor |
|---|---|---|---|
| Micrococcus acidi laevolactici . . . . . . . . | L | Gas | Leichmann |
| Streptococcus mastitidis | R | Kohlensäure | Nencki |
| Pneumoniekokken . . . | L | Alkohol<br>Essigsäure | Grimbert |
| Bacillus butylicus . . . | ? | Buttersäure<br>Butylalkohol | Fitz |
| „ acidi laevolactici | L | Kohlensäure<br>Alkohol | Schardinger |

| Name der Bakterien | Form d. Milch-säure | Neben-produkte | Autor |
|---|---|---|---|
| | **17. Mannit.** | | |
| Pneumoniekokken . . . | L | Alkohol, Essigsäure | Grimbert |
| Bacillus butylicus . . . | ? | Buttersäure, Butylalkohol | Fitz |
| Bacterium casei I . . . | R | flüchtige Säure | Leichmann u. Bazarewski |
| „ coli . . . . | L | Wasserstoff, Kohlensäure, Alkohol, flüchtige Säure | Harden |
| | **18. Dulcit.** | | |
| Bacterium coli . . . . . | L bei 38° | — | Péré |
| | **19. Äpfelsäure.** | | |
| Micrococcus malolacticus | ? | Kohlensäure | Seifert |

## Die Milchsäuregärung in landwirtschaftlichen und industriellen Betrieben.

Eine grofse Rolle spielt die Milchsäuregärung im Molkereibetriebe. Um die Milch auf Butter zu verarbeiten, kann man nach verschiedenen Methoden verfahren, indem man entweder den sich auf der süfsen Milch absetzenden Rahm verwendet, wobei die Süfsrahmbutter gewonnen wird, oder indem man die Milch

der Säuerung überläfst und den sich ausscheidenden sauren Rahm auf Butter verarbeitet. Das Sauerwerden war früher stets durch spontane Milchsäuregärung hervorgerufen, wobei bisweilen unliebsame Störungen und Butterfehler durch das Überhandnehmen fremder Mikroorganismen unvermeidlich waren. Man hat daher mit Recht und mit Erfolg auch in diesem Betriebe die Anwendung von Reinkulturen gezüchteter Michsäurebakterien vorgeschlagen, und in dieser Richtung gebührt besonders H. Weigmann[1]) das gröfste Verdienst. Analog den Reinhefen werden diese Bakterien in besonderen Instituten kultiviert und sind von denselben seitens der Molkereien zu beziehen. Es hat sich mehr als bei anderen Bakterienarten gerade bei den Milchsäurebakterien allmählich eine grofse Anzahl von Rassen und Abarten herangebildet, welche, für bestimmte Zwecke verwendet, den Molkereiprodukten ganz bestimmte Eigenschaften erteilen. Über die Technik ihrer Verwendung ist hier nicht der Ort ausführlicher zu sprechen; im allgemeinen impft man zunächst einen kleinen Teil des zu säuernden Rahmes, welchen man sodann der ganzen Menge zusetzt und zwar unter Bedingungen, welche das Auftreten und die Entwickelung fremder Keime möglichst ausschliefsen.

Gewisse Milchsäurebakterien genannter Art besitzen die Eigenschaft, der Butter einen bestimmten Geschmack und Geruch zu erteilen, welcher von Liebhabern gewünscht wird. Solche Bakterienarten sind be-

---

[1]) Weigmanns zahlreiche Abhandlungen in der landwirtsch. Wochenschr. für Schlesw.-Holstein, der Milchztg. u. a.

sonders durch die Arbeiten Conns[1]) bekannt geworden; ein ebenfalls von diesem Autor beschriebener Mikrobe, welcher der Butter den beliebten Grasgeruch erteilt, ist kein Säureerreger.

Auch in dem zweiten aus Milch gewonnenen Produkte, dem Käse, spielen die Milchsäurebakterien eine grofse Rolle, wenn auch die Ansichten über die Bedeutung der einzelnen Arten noch recht weit auseinandergehen, wie aus den Diskussionen zwischen Weigmann[2]), Adametz[3]), v. Freudenreich[4]) u. a. ersichtlich ist.

Das Gerinnen des für die Käsebereitung erforderlichen Kaseins bewirkt man bekanntlich auf zweierlei Weise. Entweder bedient man sich des Labs, eines besonders im Kälbermagen vorkommenden Enzyms, dessen Wirkungsweise noch nicht völlig aufgeklärt ist[5]), oder man bringt die Milch durch Säuerung zum Gerinnen. Im ersteren Falle bleibt die Milch süfs, und die geronnene Masse ist eine Kaseinkalkverbindung, im letzteren besteht sie aus Kasein selbst, enthält aber unter allen Umständen eine grofse Anzahl der in der Milch vorhandenen Bakterienarten eingeschlossen. Bei der Weiterverarbeitung machen sich dieselben durch Vergärung des noch vorhandenen Milchzuckers bemerkbar. Die wesentliche Veränderung des Kaseins

---

[1]) Centralbl. f. Bakt. 1896 (II), S. 409. The relation of pure cultures to the acid, flavor and aroma of butter. — [2]) Centralbl. f. Bakt. 1890 (II), S. 759; 1899, S. 630. — [3]) Ibid. 1895, S. 465. — [4]) Ibid. 1897, S. 231, 349; 1898, S. 170, 223, 276. — [5]) Siehe d. Art. „Enzyme“ in Roscoe-Schorlemmers Lehrb. d. org. Chem.

allerdings wird nicht durch sie bewirkt, diese Arbeit kommt gewissen proteolytischen Enzymen zu, welche von der reichen Flora des Käses produziert werden; namentlich sind hier die Buttersäurepilze, aber auch gewisse Vertreter der Schimmelpilze in hervorragendem Maſse tätig. Die sogenannte, das Kasein verändernde Kasease ist ein nicht näher bekanntes proteolytisches Enzym, welches von Duclaux in gewissen Käsebakterien nachgewiesen worden ist. Ein zweites Enzym ist von Babcock und Russel[1]) unter dem Namen „Galaktase“ beschrieben worden. Eine wichtige Rolle der Milchsäurebakterien in der Käsereifung scheint die zu sein, anderen Bakterienarten den für ihr Wachstum erforderlichen oder günstigen Nährboden zu schaffen.

## Der Kefir.

Ein eigentümliches Zusammenwirken von Hefen mit Bakterien findet in einigen Produkten statt, welche, ursprünglich in Asien erzeugt, allmählich auch in Europa zur Verbreitung gelangt sind. Allen liegt die Milch verschiedener Tiere zu Grunde. An erster Stelle ist das bekannte, vielfach zu diätetischen Zwecken verwendete Getränk Kefir zu nennen.

Der Kefir wird bereitet, indem man süſse Kuhmilch mit den aufgeweichten Körnern versetzt, welche im Handel unter dem Namen Kefirkörner bekannt sind. Dieselben bilden gröſsere oder kleinere gelb-

[1]) Centralbl. f. Bakt. 1897 (II), S. 615.

liche, hornartige Klümpchen, welche im Wasser zu blumenkohlartigen Gebilden unter Hellerwerden aufquellen. Der Ursprung dieser Kefirkörner, welche bei den Völkern des Kaukasus „Hirse des Propheten“ genannt werden, ist unbekannt.

Etwa 10 g Körner werden in lauwarmem Wasser, welches öfters erneuert wird, aufgeweicht und sodann mit $^1/_2$ Liter Milch zusammengebracht. Unter häufigem Umrühren läfst man 24 Stunden bei mittlerer Temperatur stehen, giefst von den Körnern ab und füllt auf verschliefsbare Flaschen. Nach 2 bis 3 Tagen ist der Kefir fertig. Mit wenigen Löffeln dieses fertigen Getränkes kann man nun weitere Milch in Kefir verwandeln. Der Kefir ist ein moussierendes, saueralkoholisch schmeckendes, sehr erfrischendes Getränk, in welchem sich das geronnene Kasein in sehr feiner Verteilung befindet. Der saure Geschmack rührt von Milchsäure her.

Nach einer Analyse von Rudeck[1]) besafs ein 32 Stunden alter Kefir folgende Zusammensetzung:

| | | |
|---|---|---|
| 3,65 | Proz. | Kasein |
| 1,00 | „ | Fett |
| 1,80 | „ | Milchzucker |
| 0,60 | „ | Milchsäure |
| 0,50 | „ | Alkohol |
| 0,47 | „ | Albumin, Pepton u. s. w. |

Doch ist die Zusammensetzung natürlich von der Qualität der verwendeten Milch abhängig.

Der erste, welcher eine bei der Kefirgärung

[1]) Industrieblätter 1886, S. 314.

stattfindende Symbiose zwischen Hefen und Bakterien erkannte, war Kern[1]). Die Hefe hielt er für die gewöhnliche Bierhefe Saccharomyces cerevisiae, die Bakterienart nannte er Dispora caucasica. Die eigentlichen Milchsäurepilze sind ihm entgangen, auch seine Ansicht über die Natur der Hefe ist später widerlegt worden. Eine gröfsere Anzahl Bakterien hat H. Krannhals[2]) beschrieben, unter ihnen solche mit kugeligen Anschwellungen am Ende. Nach Beyerincks[3]) Untersuchungen besitzt die Hefe des Kefirs die Eigenschaft, Milchzucker mittels eines Enzyms, der Laktase, zu hydrolysieren und darauf zu vergären. Einen schwierig zu kultivierenden Bacillus hält er für den Milchsäureerreger; ob derselbe mit der Kernschen Dispora caucasica etwa identisch ist, bleibt dahingestellt. Entgegen der Beyerinckschen Ansicht fand Scholl[4]), dafs die Kefirhefe allein den Milchzucker nicht vergären kann. N. Essaulof[5]) endlich hält für wesentliche Mikroben einer Hefe den Bacillus acidi lactici und den Bacillus subtilis, die übrigen Pilze aber nur für unwesentliche Verunreinigungen.

Am eingehendsten ist in neuerer Zeit der Kefir bakteriologisch von E. v. Freudenreich[6]) untersucht und bearbeitet worden. Nach besonderen Methoden, bezüglich deren auf das Original verwiesen werden

[1]) Bull. de la Société impér. des naturalistes de Moscou 1881, No. 3. — [2]) Deutsch. Arch. f. klin. Med. 35, 18 (1884). — [3]) Sur le kéfir. — [4]) Die Milch, S. 38. — [5]) Über Kefir. Inaug.-Diss. Moskau 1895. — [6]) Centralbl. f. Bakt. 1897 (II), S. 47, 87, 135.

mufs, isolierte er eine Hefe, zwei Streptokokken a u. b und einen Bacillus caucasicus genannten Bacillus, welcher mit Kerns Dispora caucasica identisch ist.

Die Hefe bildet eine besondere Art und wird Saccharomyces Kefir genannt. Sie vergärt Glukose und Maltose, aber nicht Milchzucker direkt, obschon sie sich gut in Milchzuckerlösungen entwickelt; sie ist also keine eigentliche Milchzuckerhefe. Der Streptococcus a bildet runde graue Kolonieen auf Milchzuckeragar, in Milchzuckerbouillon findet unter Säuerung nach 48 Stunden Trübung statt, Milch wird rasch koaguliert. Temperaturoptimum 22°. Seine Rolle bei der Kefirgärung ist, den Milchzucker zum Teil zu Milchsäure zu vergären und das Kasein auszufällen. In einem Liter fünfprozentiger Milchzuckerpeptonlösung bildet er nach acht Tagen 0,3824 g Milchsäure. Die einzelnen Kokken sind oval $1,25 \times 1,05\ \mu$ im Durchmesser, in Milchzuckerbouillon entstehen Ketten, auf Gelatine meist Diplokokken.

Der Streptococcus b bildet auf Milchzuckeragar blasse, feingekörnte Kolonieen von rundem Aussehen und mit scharfen Rändern. In Milchzuckerbouillon findet nach 48 Stunden Trübung statt. Milch wird nicht zum Gerinnen gebracht, dabei findet eine schwache Gasentwickelung statt. Die Kokken sind oval, von etwa $1\ \mu$ Durchmesser und bilden in flüssigen Nährmedien Diplokokken und Streptokokken. Sie hydrolysierten hauptsächlich den Milchzucker.

Auch der Bacillus caucasicus bildet Milchsäure, doch scheint seine Rolle mehr in der Körnerbildung,

d. h. dem Verkleben der einzelnen Organismen zu beruhen.

Man mufs sich demnach die Vorgänge im Kefir so denken, dafs der Streptococcus a und b Milchsäure erzeugten, während gleichzeitig der letztere einen anderen Teil des Milchzuckers in Glukose und Galaktose spaltet, welche nunmehr von dem Saccharomyces Kefir in Alkohol und Kohlensäure vergoren werden.

## Andere aus Milch bereitete Getränke.

In den Steppen Rufslands und Sibiriens erzeugt man besonders aus der Milch von Stuten, Kamelen und Eseln ein berauschendes Getränk, Kumys genannt. Nach den Mitteilungen Alliks[1]) wird dabei so verfahren, dafs die Milch mit Bierhefe in hölzernen Gefäfsen gemischt und während zweier Tage bei 20 bis 22° häufig umgerührt wird. Man fügt darauf frische Milch zu und füllt nach zwei Stunden auf Flaschen. Nach drei weiteren Stunden ist der Kumys fertig. Über die Natur der hier tätigen Bakterien ist nichts bekannt.

Über ein anderes berauschendes Getränk, welches in Sibirien aus vergorener Milch durch Destillation gewonnen und Araká genannt wird, hat Zaleski[2]) berichtet, es interessiert uns hier nicht weiter.

---

[1]) Die chemische Analyse des Kumys. Inaug.-Diss. Dorpat. — [2]) Chem.-Ztg. 1894, S. 77.

Analysen von Kumyssorten:

| In 100 Teilen | Kumys bereitet mit Hefe 1 : 4 nach Gärung von Stunden | | Kumys bereitet mit Hefe 1 : 10 nach Gärung von Stunden | |
|---|---|---|---|---|
| | 62 | 84 | 84 | 96 |
| Freie $CO_2$ . . . . . | 0,569 | 0,668 | 0,589 | 0,750 |
| Alkohol . . . . . . | 1,986 | 2,010 | 1,588 | 2,000 |
| Milchsäure . . . . . | 0,848 | 0,912 | 0,894 | 0,928 |
| Kasein . . . . . . . | 1,007 | 0,952 | 1,032 | 0,990 |
| Albumin . . . . . . | 0,411 | 0,398 | 0,402 | 0,399 |
| Acid-Albumin . . . . | 0,179 | 0,194 | 0,176 | 0,187 |
| Hemi-Albumose . . | 0,664 | 0,659 | 0,656 | 0,681 |
| Milchzucker . . . . | 1,433 | 0,982 | 2,573 | 1.526 |
| Asche . . . . . . . | 0,313 | 0,320 | 0,322 | 0,331 |
| Spez. Gewicht bei 4° | 1,025 | 1,024 | 1,026 | 1,025 |

Vor mehreren Jahren ist durch die Untersuchungen des Verfassers[1]) und Kalantarjanz'[2]) ein armenisches Präparat bekannt geworden, welches den Namen „Mazun" führt. Das Getränk hat hier nicht zur Verfügung gestanden, wohl aber die gärungserregende Masse, eine käseartige, fettige Substanz, welche auch als solche genossen wird. Nach des Verfassers Untersuchung finden sich darin zahlreiche Hefen, welche Kalantarjanz näher charakterisiert hat, als spezifische Milchsäurepilze zwei Kokkenarten, von denen die eine inaktive, die andere Rechtsmilchsäure bildet, ferner der Bacillus acidi lactici; andere Organismen sind nebensächlich. Auch hier liegt, wie beim Kefir, eine Symbiose von Bakterien mit Hefen vor.

[1]) O. Emmerling, Über armenisches Mazun. Centralbl. f. Bakt. 1898 (II), S. 418. — [2]) Zeitschr. f. physiol. Chem. 26, 88.

Es mag an dieser Stelle noch ein auf gleiche Weise zustande kommendes Erzeugnis besprochen werden, obschon es nicht aus Milch bereitet wird. Es ist das in England bekannte und beliebte Ingwerbier (Gingerbeer). Zur Bereitung dieses säuerlich-alkoholischen Getränks versetzt man eine etwa fünfzehnprozentige Rohrzuckerlösung mit einigen Stücken Ingwer und der sogenannten Ingwerbierpflanze (Gingerbeer plant) unbekannten Ursprungs. Bald gerät die Flüssigkeit in milchsaure und alkoholische Gärung. Ward[1]) fand in der Ingwerbierpflanze eine spezifische Hefenart, welche er Saccharomyces pyriformis nennt, und eine sehr merkwürdige Bakterienspezies, welche durch ihre aufsergewöhnliche Verquellbarkeit der Zellmembran ausgezeichnet ist. In dieser Gallertmasse liegen die teilweise lange Fäden bildenden Bakterien. Das Ganze macht den Eindruck eines gekrümmten Wurmes, daher der von Ward gewählte Name Bacterium vermiforme.

## Die Milchsäuregärung bei der Futterbereitung, dem Einmachen von Gemüsen u. s. w.

Bei der Herstellung einer Reihe von Futtermitteln, von Konserven und dergl. spielt die Milchsäuregärung eine sehr wesentliche Rolle. Gras, Klee, Rübenblätter, Schnitzel und ähnliche landwirtschaftliche Futterstoffe führt man, wenn sie nicht im frischen Zustande Verwendung finden können, in sogenanntes Sauerfutter

---

[1]) Royal Soc. 50, 304.

über. Zu dem Zweck kommen sie in bedeckte Gruben, wo sich rasch eine Gärung unter Milchsäurebildung einstellt. Bei normal verlaufendem Prozefs, besonders wenn die Anwesenheit und Tätigkeit thermophiler Bakterien keine zu starke Erhitzung herbeiführt, entsteht neben verschiedenen Gasarten wesentlich Essigsäure und Milchsäure. Es ist jedoch gewöhnlich mit dieser Gärung auch ein erheblicher Verlust an Stickstoffsubstanz verknüpft, eine sehr unangenehme Beigabe zu dem sonst sehr rationellen Verfahren. Über die dabei auftretenden Bakterienarten ist nicht viel bekannt. Eine Untersuchung des Verfassers [1]) stellte folgende Veränderungen fest:

| | Frisches Gras in der Trockensubstanz Proz. | Nach der Vergärung in der Trockensubstanz Proz. |
|---|---|---|
| Holzfaser | 26,40 | 31,36 |
| Ätherextrakt | 1,86 | 3,24 |
| Proteïn | 11,80 | 9,13 |
| Asche | 7,62 | 8,14 |
| Stickstofffreie Extraktstoffe | 52,32 | 48,13 |

Es hatten sich also besonders die Kohlehydrate und die Eiweifskörper vermindert. Von Säuren wurde Milchsäure neben Essigsäure gefunden. Besonders auffallend war ein durch geringe Mengen Chinon hervorgebrachter stechender Geruch. Von Bakterien machten sich Heubacillen, Buttersäurebakterien, ver-

[1]) O. Emmerling, Über die Gärung des frischen Grases. Berl. Ber. 30, 1869 (1897).

schiedene Kokken und Bac. mycoides bemerkbar. Es ist bekannt, dafs letzterer ein sehr energischer Eiweifszersetzer ist; aus Glukose bildet er Milchsäure. Während der Gärung stieg die Temperatur um 26°, und es entwichen Gase, bestehend aus 64 Proz. $CO_2$ und 36 Proz. N.

Über das Einsäuern von Rübenschnitzeln, welche ein wertvolles Futtermittel bilden, sind mehrere Untersuchungen bekannt geworden. Dafs dabei Milchsäure entstehe, ist zuerst von J. Kühn [1]) ausgesprochen worden, ohne dafs dafür Beweise gebracht wurden. Daneben soll etwas Alkohol und hieraus Essigsäure, aus der Milchsäure durch weitere Veränderung Buttersäure erzeugt werden. Die Untersuchungen J. Königs [2]) und Morgens [3]) beschäftigen sich mit der Ermittelung der Säuremenge. Dagegen hat E. Weifs [4]) versucht, die Bakterienarten aus gesäuerten Rübenschnitzeln zu isolieren. Es gelang ihm, drei neue Milchsäureerreger darin festzustellen.

Das „Bacterium pabuli acidi“ ist ein unbewegliches Kurzstäbchen mit scharfen Ecken; Länge 1,2 $\mu$, Breite 0,7 $\mu$. In Schnitzelnährlösungen entstehen längere gewundene Ketten, Färbung nach Gram positiv. Sporen fehlen; es zeigt Kapselbildung. Aus Glukose, Rohrzucker und Milchzucker entsteht Rechtsmilchsäure.

„Bacterium pabuli acidi II“ ist ebenfalls unbeweg-

---

[1]) Das Einsäuern der Futtermittel. 1884. — [2]) Untersuch. der landwirtsch. Versuchsst. Münster 1871 bis 1877. — [3]) Journ. f. Landwirtsch. 1888. — [4]) Inaug.-Diss. Göttingen 1898.

lich, Länge 1 bis 1,2 μ, Breite 0,5 μ; es ähnelt sehr dem vorigen, bildet aber keine Kapseln. Glukose, Rohrzucker und Milchzucker werden zu Rechtsmilchsäure und Essigsäure vergoren. „Bacterium pabuli acidi III“ ist unbeweglich, 0,5 bis 2,5 μ lang, 0,8 bis 1,1 μ breit ohne Kapseln, bildet aus Glukose, Rohrzucker, Milchzucker inaktive Milchsäure und Kohlensäure.

Die saure Beschaffenheit des Sauerkrauts und verschiedener anderer eingemachter Gemüse rührt von einem Gehalt an Milchsäure her. Eine Analyse des Sauerkrauts hat Conrad[1]) ausgeführt, er fand darin 92,60 Proz. Wasser, 0,69 Stickstoffsubstanz, 0,74 Fett, 1,26 Säure (auf Milchsäure berechnet), 1,49 Proz. Cellulose und 1,22 Proz. Asche. Der Säuregehalt verschiedener Sorten schwankt bedeutend. Als Säure war neben Milchsäure in inaktiver Form noch Buttersäure vorhanden, bei der Gärung bilden sich aufserdem Kohlensäure, Wasserstoff and Methan. Als Gärungserreger fand Conrad ein kleines am Ende abgerundetes Stäbchen von den Dimensionen 0,8 bis 2,4 μ, welches lebhafte Eigenbewegung besitzt und öfters längere Scheinfäden bildet. Es ist fakultativ anaerob und vergärt Maltose, Laktose, Dextrose. Der Autor hat diesen dem Colibacterium nahestehenden Mikroben Bacterium brassicae acidae genannt. Es ist wahrscheinlich, dafs die eigentümliche Gärung des Krautes nicht allein durch das Bacterium brass. acid.

---

[1]) Arch. Hyg. 29, 56 (1897).

bewirkt wird, sondern dafs sich kompliziertere Prozesse, durch verschiedene Gärungserreger hervorgerufen, abspielen, vielleicht kommt auch gewissen Hefearten eine Rolle zu.

Beim Einsäuern der Gurken werden die ganzen Früchte mit einer Kochsalzlösung bedeckt und in Fässern oder dergleichen der freiwilligen Gärung überlassen. Die produzierte Säure beträgt etwa 0,5 bis 0,8 Proz. (auf Milchsäure berechnet). Die Säurebildung geht bei Luftabschlufs so gut vor sich wie bei Sauerstoffzutritt, die anfangs gebildete Säure geht allmählich, besonders bei Luftzutritt, zurück. Die Säure besteht vorwiegend aus inaktiver Milchsäure. In allen Säuerungen wurden nach R. Aderhold[1]) ein von Lehmann u. Neumann „Bacterium Güntheri" genannter Bacillus und Bacter. coli gefunden. Besonders ersteres ist für die Säuerung von Wichtigkeit. Das Bact. coli bewirkt hauptsächlich die Schaumbildung und das glasige Aussehen der Gurken. Die übrigen gefundenen Organismen, wie Penicillium glaucum, Aspergillus glaucus, Sporidesmium mucosum, Verticillium cucumerinum, Monilia candida, Oidium lactis, zwei Torulaarten, Bacillus fluorescens non liquefaciens und liquefaciens, Bacillus subtilis, Bac. megatherium, sind entweder ohne Bedeutung oder erzeugen zum Teil unliebsame Nebenwirkungen, üblen Geruch, Erweichen der Früchte u. s. w. Aderhold empfiehlt daher für die Praxis einen Kochsalzzusatz von 4 Proz., einen Zusatz von $^1/_2$ bis 1 g

---

[1]) Centralbl. f. Bakt. 1899 (II), S. 511. Referat.

Traubenzucker pro Liter Wasser und eine geringe Beigabe von saurer Milch, endlich Säuerung unter Luftabschlufs.

Das Bacterium Güntheri wurde auch in eingesäuerten Bohnen neben einer dem Micrococcus pyogenes verwandten Kokkenart aufgefunden. Die interessanten Angaben Aderholds auch bezüglich der Gemüseverderber und anderer wichtiger Momente müssen im Original nachgesehen werden.

Von technischen Betrieben macht besonders die Gerberei Gebrauch von der Milchsäuregärung. Um die Haare von der Epidermis der Felle zu entfernen, werden letztere vielfach mit Ätzkalk behandelt. In den Poren setzt sich nun stets Kalk fest, welcher das Leder später brüchig macht; man entfernt denselben mittels einer Beize, welche so hergestellt wird, dafs Exkremente von Hühnern, Hunden u. dergl. mit Kleie und Wasser gemischt und über die Häute gegossen werden. Es tritt bald eine saure Gärung ein, wodurch den Häuten der Kalk entzogen wird.

Wood und Wilcox[1]) gelang es, in solchen Gerbereibrühen eine bestimmte Bakterienart nachzuweisen, das Bacterium furfuris, welches aus den Kohlehydraten der Kleie Milchsäure, Ameisensäure, Essigsäure und Buttersäure erzeugt.

Bezüglich der bekannten Erscheinung des Sauerwerdens der Lohebrühen sei erwähnt, dafs bereits Gmelin dabei die Entstehung von Milchsäure annahm;

---

[1]) Journ. Chem. Ind. 12, 422; 16, 512.

in mit Fichtenrinde bereiteten Brühen fand Haenlein[1]) regelmäfsig eine eigentümliche, aus kleinen Bacillen bestehende Bakterienart, welche er Bacillus corticalis getauft hat. Ob derselbe Milchsäure bildet, erscheint zweifelhaft, aus den Angaben Haenleins, dafs er neben Säure Kohlensäure und Wasserstoff produziere, könnte man auch auf eine Buttersäuregärung schliefsen. Andreasch[2]) hat den Bacillus corticalis nie finden können. Dagegen führt er eine gröfsere Anzahl von Mikroorganismen an, worüber auf das Original verwiesen werden mufs.

## Die Milchsäuregärung in den Gärungsgewerben.

Dafs Maischen, welche einen gewissen Gehalt an freier Säure enthalten, durch Hefe besonders gut vergoren werden, ist eine Tatsache, welche den Praktikern längst bekannt war. In den Fällen, in denen eine Säuerung nicht von selbst eintrat, pflegte man deshalb etwas Milchsäure, welche sich besonders bewährte, zuzusetzen. Auf den guten Einflufs dieser Säure hat besonders auch Effront[3]) aufmerksam gemacht. Nach den zahlreichen hierüber vorliegenden Untersuchungen besteht die günstige Wirkung der Milchsäure hauptsächlich darin, dafs sie das Zustandekommen der sehr schädlichen Buttersäuregärung verhindert.

Buttersäurepilze sind in allen in der Brennerei verwendeten Materialien zahlreich vorhanden, und in-

[1]) Dinglers polytechn. Journ. 291, 8 u. 9. — [2]) Gärungserscheinungen in Gerbbrühen, Der Gerber 1895 bis 1897. — [3]) Ann. Past. 10, 524 (1896).

folge ihrer grofsen Widerstandsfähigkeit gegen höhere Temperaturen, Austrocknen u. dergl. sind sie kaum praktisch auszuschliefsen; besonders finden sie sich auf dem zur Verzuckerung der Stärke dienenden Grünmalz. Während sie sich in neutralen oder schwach alkalischen Medien rasch entwickeln, sind sie sehr empfindlich gegen freie Säure. Man kann nun entweder den Maischen direkt Milchsäure zusetzen oder aber, und dies ist in der Regel der Fall, man erzeugt in den Maischen, Würzen u. s. w. eine milchsaure Gärung, welche man jedoch nur bis zu einem bestimmten Grade fortschreiten läfst. Dazu ist aber Einhalten gewisser Temperaturgrade erforderlich, bei welchen die Buttersäurepilze nicht entwickelungsfähig sind. Die für die Milchsäuregärung günstigste Temperatur liegt etwa 10° höher als die der Buttersäuregärung.

In praxi verfährt man so, dafs man der zu vergärenden Maische ein kleines Quantum entnimmt, auf etwa 50° C. erhitzt und mit rein gezüchteten Milchsäurebakterien impft. Sobald der Gehalt an Säure auf 1 Proz. gestiegen ist, werden die Bakterien, deren fernere Tätigkeit unerwünscht ist, durch Erhitzen der Flüssigkeit auf 70° abgetötet. Nach raschem Abkühlen auf 20° fügt man nun die zu verwendende Reinhefe zu und setzt das Ganze, nachdem letztere sich genügend vermehrt hat, der gesamten Maische zu. Man nennt diese Operation das Säuern des Hefeguts. Das Verdienst, Reinzuchten von Milchsäurebakterien im Brennereigewerbe eingeführt zu haben, gebührt Lafar. Wenn auch zum Teil andere Mittel zur Entwickelungs-

hemmung der Buttersäurebakterien verwendet werden, unter denen besonders die von Effront empfohlene Fluorwasserstoffsäure oder die Fluorsalze hervorzuheben sind, so ist doch die Milchsäuregärung die bei weitem verbreitetste Methode geblieben.

Was die Bakterienarten betrifft, welche hier in Betracht kommen, so sind sie von den im Molkereibetriebe verwendeten verschieden. Einer der günstigsten Milchsäurepilze ist der von Lafar[1]) zuerst empfohlene und in Reinzucht gewonnene Bacillus acidificans longissimus (Tafel IV, Photogr. 1). Ob derselbe, was wahrscheinlich, identisch mit dem von Leichmann[2]) „Bacillus Delbrückii" genannten Mikroben ist, mag dahingestellt bleiben, die Priorität der Untersuchung gebührt jedenfalls Lafar, und aus diesem Grunde liegt auch keine Veranlassung vor, den von Lafar eingeführten Namen zu verlassen. Dieser Pilz ist ein sehr kräftiger Milchsäureerreger. Nach den Versuchen Suttors[3]) kann durch ihn eine Säuerung bis zu 3,2 Proz. erzielt werden. Hierzu stehen allerdings die Angaben Hennebergs[4]) einigermafsen in Widerspruch, dafs der Bacillus gegen Säure sehr empfindlich und in einer 1,2 Proz. Milchsäure enthaltenden Flüssigkeit nach vier Tagen abgetötet ist. Nach den Untersuchungen Hennebergs bildet er kleine, weifse Kolonieen, welche besser im Stichkanal als auf der Ober-

[1]) Centralbl. f. Bakt. 1896 (II), S. 194. — [2]) Ebenda 1896 (II), S. 281. — [3]) Zeitschr. Spirit.-Ind. 48 1896, 386. — [4]) Zur Kenntnis der Milchsäurebakterien der Brennereimaische, der Milch und des Bieres. Wochenschr. f. Brauereien 1901, Nr. 30.

fläche wachsen. Die dünnen Stäbchen sind 2,8 bis 7 $\mu$ lang und 0,4 bis 0,7 $\mu$ breit, einzeln oder zu zweien und mehreren zu winkligen Fäden vereinigt. Bisweilen werden solche Vereinigungen 1000 $\mu$ lang. Sporen konnten nicht beobachtet werden. Der Bacillus wächst gut auf Hefewasser, Maische und ungehopfter Bierwürze, dagegen findet in Milch, Bier und gehopfter Würze kein Wachstum statt. Temperaturoptimum 45°. Milchsäure entsteht aus Dextrose, Lävulose, Galaktose, Rohrzucker, Maltose, Dextrin. Angeblich soll vor der Vergärung Rohrzucker nicht invertiert werden, ein Befund, dem man sehr skeptisch gegenüberstehen mufs, da bislang sich ähnliche Behauptungen nicht bewahrheitet haben. Entgegen den Angaben Kownatzkis fand Verfasser, dafs aus Rohrzucker nicht Links-, sondern Rechts- und inaktive Milchsäure gebildet wird.

Es sei hier noch eine von Lindner[1]) in Brennereimaischen aufgefundene Sarcinaart erwähnt, der Pediococcus lactis acidi, welcher aus Arabinose, Xylose, Lävulose, Dextrose, Galaktose, Milchzucker und Trehalose, nicht aber aus Rohrzucker, Maltose, Raffinose, Dextrin, Inulin, Stärke, Erythrit, Mannit, Dulcit, Quercit und $\alpha$-Methylglukosid Milchsäure bildet.

Wie bei den oben erwähnten sauren Milchpräparaten verwendet man die Milchsäuregärung auch zur Herstellung anderer Getränke. Gewisse Biersorten, besonders das Weifsbier, gehören zu dieser Klasse.

---

[1]) Wochenschr. f. Brauereien 1887, Nr. 23.

Die Säuerung tritt hier schon bei dem Maischprozefs ein und ist bisher immer eine spontane. Ein aus Berliner Weifsbier isoliertes Milchsäureferment ist von O. Neumann[1]) beschrieben worden. Es wächst besonders gut bei Luftabschlufs in Würze, sein Temperaturoptimum ist 20 bis 24°. Nähere morphologische Beschreibung hat Henneberg[2]) gegeben. Dieser sogenannte Saccharobacillus pastorianus, Varietät berolinensis, ist als eine Abart des van Laerschen Bacillus anzusehen, er bildet runde, flache Kolonien von weifser bis bräunlicher Farbe. In Weifsbier sind die Zellen 3 bis 6 μ lang und 0,5 bis 1,6 μ breit, doch sind Involutionsformen häufig. Die gröfste in Maische und Würze erzeugte Milchsäuremenge beträgt 0,8 bis 1 Proz.; neben i-Milchsäure entsteht bis 1,4 Vol. Proz. Alkohol, Essigsäure, Ameisensäure und Kohlensäure.

Über ein in Rufsland aus roten Rüben erzeugtes, durch Milchsäure saures Getränk, das Borscht oder Barsgez, hat Epstein[3]) einige Mitteilungen gemacht.

Das eigentliche Nationalgetränk der Russen, der „Kwas", ist ein durch saure und alkoholische Gärung aus Mehl oder Brot bereitetes Getränk, welches oft Zusätze von Pfefferminze oder anderen gewürzigen Stoffen erhält. Ueber seine Zubereitung und Zusammensetzung liegen Angaben von Kobert[4]) vor. Er enthält demnach zwischen 1 und 2,2 Proz. Alkohol und 0,2 bis 0,5 Proz. Milchsäure.

---

[1]) Wochenschr. f. Brauereien 17, 608. — [2]) A. a. O. — [3]) Arch. Hyg. 36, 145. — [4]) Wiener klin. Rundsch. Nr. 2.

Nach bakteriologischer Richtung sind nur wenige Beobachtungen angestellt. Neben zahlreichen Hefen sollen wenig Bakterien vorkommen, welche essigsaure und milchsaure Gärung hervorrufen.

Zur Kategorie dieser Getränke gehört auch der sogenannte Maltonwein, bei welchem Maltose zum Teil (bis 0,8 Proz.) in Milchsäure übergeführt und die Alkoholgärung durch Südweinreinhefen bewerkstelligt wird. Ausführliches hierüber findet man in einer Mitteilung Möslingers[1]).

In den bisher betrachteten Fällen hat sich der Eintritt der Milchsäuregärung immer als ein erwünschter oder absichtlich herbeigeführter Faktor ergeben. Vielfach aber tritt sie als eine Krankheitserscheinung auf und bedeutet den Eintritt des Verderbens der von ihr heimgesuchten Substanzen.

Zunächst sei hier das sogenannte Umschlagen von Wein und Bier angeführt. Weine werden bisweilen trübe, im Geschmack kratzend. In solchen Weinen fanden Bordas und Raczkowski[2]) verschiedene Bakterien, deren eine Art, der Bacillus roseus vini aus Glukose Essigsäure, Buttersäure und Milchsäure, aus Glycerin Dioxyaceton bildet.

Nach Kramer[3]) wird beim Umschlagen des Weins die Weinsäure vergoren. Es entstehen Kohlensäure, Ameisensäure, Essig-, Propion-, Butter-. Bernstein- und Milchsäure (vielleicht auch Tartronsäure). wogegen

---

[1]) Über Maltonweine. Forschungsbericht über Lebensmitteluntersuchungen 3, 313. — [2]) C. R. 126, 1050 und 1443. — [3]) Landwirtschaftl. Versuchsstation 37, 325.

Laborde[1]) aus solchen umgeschlagenen Weinen keine Milchsäurebildner isolieren konnte, sondern Bakterien, welche zu den Schleimbildnern gehören. (Diese bilden vielfach auch Milchsäure. A. d. V.)

Auch das Zickendwerden des Weins wird nach Müller-Turgau durch Bakterien hervorgerufen, welche Zucker und andere Bestandteile in Milchsäure überführen. Eine auffallende Erscheinung ist die bisweilen in Weinen zu beobachtende beträchtliche Abnahme der Säure. Die von A. Koch[2]) darüber gemachten Mitteilungen lassen als Ursache die Anwesenheit nicht näher charakterisierter Bakterien erkennen, deren eine Art besonders die Äpfelsäure bis zu 60 Proz. verzehrte. Später hat W. Seifert[3]) in einem in starkem Säurerückgang befindlichen Jungwein einen Mikrokokken entdeckt, den er Micrococcus malolacticus nennt, weil er Äpfelsäure sowohl im Wein, wie in künstlichen Medien zu Kohlensäure und Milchsäure zersetzt. Die anfangs schnell verlaufende Zersetzung wird allmählich langsamer und erreicht nie die theoretischen Verhältnisse.

Über eine Vergärung der Apfelsäure, wobei aber keine Milchsäure, sondern Bernsteinsäure entsteht, wird weiter unten berichtet werden.

Auch das Bier ist ähnlichen Krankheiten wie der Wein ausgesetzt. Nachdem bereits Pasteur über um-

---

[1]) C. R. 126, 1223. — [2]) Über die Säure verzehrenden Organismen des Weins u. s. w. (Weinbau und Weinhandel 1900). — [3]) Zeitschrift f. landwirtschaftl. Versuchswesen in Österreich 4, 980.

geschlagenes Bier Untersuchungen angestellt. wurde von van Laer[1]) der bereits oben erwähnte Saccharobacillus pastorianus aus solchem Biere isoliert. Nach Hennebergs Beschreibung stellt er langgestreckte einzelne oder mehrzellige Stäbchen von 7 bis 35 μ Länge und 0,7 bis 1 μ Breite vor. In Maischen bewirkt er Säuerung bis 1,5 Proz. Pasteurisiertes oder sterilisiertes gehopftes helles Bier wird am fünften Tage bei 25° trübe. Nähere Belehrung über die in Brennereien und Brauereien vorkommenden wichtigen Bakterienarten bietet Lindners Mikroskopische Betriebskontrolle in den Gärungsgewerben, Berlin bei Paul Parey.

## Die Gärung des Brotes.

An die Milchsäuregärung mag eine Art der Gärung angeschlossen werden, welche zwar noch nicht mit voller Sicherheit aufgeklärt ist, welche jedoch gewisse Gärungserreger aufweist, welche zu den Milchsäurepilzen in gewissen Beziehungen zu stehen scheinen. Man unterscheidet zwei Arten von Brotbereitung. Entweder verwendet man zum Hervorrufen der Gärung Hefe und erzeugt so das ungesäuerte Brot, oder man bedient sich des sogenannten Sauerteigs, welcher gesäuertes Brot hervorbringt. Der Sauerteig, ein seit den ältesten Zeiten bekanntes Säuerungsmittel, ist ein von zahlreichen Organismen bevölkerter und in Gärung befindlicher Mehlteig. Es finden sich in ihm vor allem zahlreiche Hefen, aber auch viele Bakterienarten.

---

[1]) Centralbl. Bakt. 13, 129.

Über die Rolle, welche besonders letztere spielen, ist man noch recht im unklaren. Nach Boutroux's[1]) Ansicht ist die Brotgärung mittelst Sauerteigs eine normale alkoholische Gärung, durch die Hefen hervorgerufen. Diese Ansicht dürfte jedoch kaum haltbar sein. Dafs bei der Brotgärung Alkohol[2]) und Kohlensäure entstehen, ist allein nicht ausschlaggebend, da zahlreiche Bakterien dieselben Produkte liefern und zwar gerade aus den hier in Betracht kommenden Materialien, dem Dextrin und der Stärke[3]). Hefen finden jedoch im Mehlteig verhältnismäfsig wenig direkt vergärbares Material. Dazu kommt, dafs in einzelnen Fällen geradezu die Wirkung von Hefen ausgeschlossen war, denn, wie Marcano[4]) berichtet, benutzte man in Venezuela einen Sauerteig, welcher überhaupt keine Hefen enthielt. Nach Jago[5]) findet in Schottland das sogenannte „Germ“ Verwendung, welches aus Würze und Hopfen bereitet wird, welchem man Mehl zugibt. Dieses Präparat soll sehr reich an Milchsäurebakterien sein.

Wenn man nun auch nicht so weit gehen darf, wie Lehmann[6]), welcher die Brotgärung ausschliefslich dem von ihm entdeckten Bacillus levans zuschreibt, einer den Coliarten nahestehenden Art, welcher Kohlensäure und Wasserstoff liefert, so ist doch sicher, dafs

---

[1]) C. R. 113, 203. — [2]) Moussette, C. R. 96, 1865; Aimé Girard, C. R. 101 (1885), 601; Chicaudard, C. R. 96, 1585. — [3]) Fitz, Berl. Ber. 1877, S. 262. — [4]) C. R. 96, 1733; 97, 1070. — [5]) The brewer's guardian 1890. — [6]) Centralbl. Bakt. 15, 350.

die Bakterien bei dieser Gärung eine grofse Rolle spielen, sei es direkt oder indirekt.

Ein von Popoff[1]) beschriebener Gärungserreger des Sauerteigs bildet einen ovalen Bacillus, welcher besonders saure Nährsubstrate liebt und aufser Milchsäure Gase bildet. Peters[2]) fand Spaltpilze, welche durch ihre Fähigkeit, Stärke zu lösen, ausgezeichnet waren, aufserdem aber Milchsäure und Essigsäure bildeten. Es scheint beinahe, als ob in der stärkelösenden und verzuckernden Eigenschaft die Hauptrolle der Sauerteigbakterien liege. Die Verbreitung diastatischer Fermente in Bakterien ist ziemlich grofs; Hüppe[3]) wies solche in Milchsäurebakterien, Wortmann[4]) in Fäulnisbakterien, Vignal[5]) in Kartoffelbacillen, Cavazzani[6]) in aus Stärkekleister isolierten Arten nach. Nach Villiers[7]) Angaben wird Stärkekleister von dem Bacillus amylobacter (Buttersäurebakterien) lebhaft verflüssigt, wobei sich Dextrine und eine krystallinische Substanz $C_{12}H_{20}O_{10} + 3H_2O$, das Cellulosin, bilden sollen. Pathogene Bakterien sind von Fermi[8]) auf ihr diastatisches Vermögen untersucht worden.

Es ist also bei der Brotgärung nicht ausgeschlossen, wird vielmehr durch manche Tatsachen wahrscheinlich, dafs auch hier eine Symbiose zwischen Hefen und

---

[1]) Ann. Past. 10, 674 (1896). — [2]) Bot. Ztg. 1889, S. 25, 26, 27. — [3]) Mitteil. aus der Ges. A. 2. — [4]) Zeitschr. physiol. Chem. 7, 287. — [5]) Deutsche med. Wochenschr. 89. — [6]) Centralbl. Bakt. 13, 587. — [7]) C. R. 112, 435, 536. — [8]) Centralbl. Bakt. 7, 469.

Bakterien vorliegt. Ein mit dem Bacillus levans allein vergorener Brotteig soll nach Schrank[1]) des angenehmen Brotgeschmackes ermangeln.

Am Schlufs dieses Abschnittes sei auf eine nicht gerade sehr häufig auftretende Brotkrankheit hingewiesen, welche unter dem Namen des „Fadenziehens" bekannt ist. Dabei erweicht das Brot und läfst sich zu langen Fäden ausziehen, wobei gleichzeitig ein übler Geruch und Geschmack auftritt. Nach Uffelmann[2]) ist häufig der gewöhnliche Kartoffelbacillus Bacillus mesentericus vulgatus die Ursache dieser Erscheinung. Laurent beschrieb einen Bacillus panificans, welchem ähnliche Wirkungen zukommen sollen. Jukenack[3]) hat den Bacillus mesentericus fuscus in die Literatur eingeführt, welcher aus Mehl stammt und angeblich die Backofenhitze überdauert. Vogel[4]) endlich isolierte aus fadenziehendem Brote zwei zu den Kartoffelbacillen gehörende Mikroben, den Bacillus mesentericus panis viscosi I und II (Tafel V, 1).

## Die schleimige Gärung.

In zuckerhaltigen Säften, in Pflanzeninfusen, Most, Milch tritt bisweilen eine eigentümliche Erscheinung auf, welche in einem Dick- und Schleimigwerden besteht, so dafs nicht selten die Flüssigkeit zu langen zähen Fäden ausgezogen werden kann. Versetzt man

---

[1]) Chem. Centralbl. 97 b, 48. — [2]) Centralbl. Bakt. 8, 481. — [3]) Zeitschr. f. Untersuch. von Nahrungs- u. Genufsmitteln 10 (1899). — [4]) Zeitschr. Hyg. 26 (1897).

eine solche Flüssigkeit mit Alkohol, so scheidet sich eine schmierige oder fadenziehende Substanz aus. So fand bereits Kirchner[1]), dafs bei der Gärung von Runkelrübensaft Mannit und Schleim entstehen. Aus 38 Pfund Runkelrüben erhielt er nach sechs Tagen 64 g Mannit und einen durch Alkohol fällbaren Schleim, welcher, in Wasser gelöst, mit Bleiessig gefällt und wieder mit Schwefelwasserstoff zerlegt, nach dem Eindampfen eine glasige Masse von der Zusammensetzung des arabischen Gummis zeigte.

Pasteur[2]) hat zuerst genauere Studien über diese schleimige Gärung gemacht, und von ihm ist bereits darauf hingewiesen worden, dafs dieselbe durch die Tätigkeit bestimmter Mikroben bewirkt werde. Solche Gärungserreger konnte er, wenn auch nicht in Reinkultur im jetzigen Sinne, aus Wein isolieren; in gesunden Wein gebracht, bewirkten sie auch hier schleimige Gärung. Der Vorgang bestand in einer Zersetzung des Traubenzuckers, welcher in Wasserstoff, Kohlensäure, Mannit und eine Gummiart übergeführt wurde, so dafs hier, wenigstens bezüglich letzterer Substanz, eine durch Bakterien bewirkte Synthese vorlag. Pasteur ermittelte auch die Gewichtsverhältnisse dieses Vorgangs und fand sie annähernd ausdrückbar durch die Gleichung:

$$25\,C_6H_{12}O_6 = \underset{\text{Gummi}}{12\,C_6H_{10}O_5} + \underset{\text{Mannit.}}{12\,C_6H_{14}O_6} + 6\,CO_2$$

[1]) Ann. Chem. Pharm. 31, 337 (1839). — [2]) Bull. soc. chim. 1861, S. 30.

Der ursprünglich gebildete Wasserstoff hatte jedenfalls dazu gedient, einen Teil der Glukose zu Mannit zu reduzieren.

Etwas anders drückt Monoyer[1]) die Verhältnisse aus. Er nimmt zwei getrennte Vorgänge an und geht vom Rohrzucker aus:

1. $13\, C_{12}H_{22}O_{11} + 12\, H_2O = 24\, C_6H_{14}O_6 + 12\, CO_2$

2. $12\, C_{12}H_{22}O_{11} = 12\, C_{12}H_{20}O_{10} + 24\, H_2O$
Gummi.

Über die Gärungserreger, welche Pasteur als Streptokokken bezeichnet, hat er nichts Näheres mitgeteilt.

Genauer ist von Kramer[2]) ein Mikrobe beschrieben worden, der Bacillus viscosus vini, welcher in saurer Glukoselösung, beispielsweise in nicht vollständig vergorenem Wein, Schleim produziert. Der Mikrobe ist 2 bis 6 $\mu$ lang und bildet oft Scheinfäden. Ein anderer, ebenfalls von Kramer isolierter Schleimbildner, der Bacillus viscosus sacchari, gedeiht nur in neutralen oder schwach alkalischen Medien und bildet hier sowohl, wie auf festen Nährböden, Möhren, Rüben und dergleichen, einen durchsichtigen Schleim, welcher durch Oxydation mit Salpetersäure in Oxalsäure übergeht. Er ist 5 $\mu$ lang und bildet Ketten von 50 und mehr Gliedern.

Über die Mannitgärung der Weine liegen ferner vor Arbeiten von G. Basile[3]), Gayon und Dubourg[4]),

[1]) Thèse pour le doctorat en médecine, Strasbourg 1862. — [2]) Monatsh. Ch. 10, 467. — [3]) Sulla presenza della mannite in un vino da Faglio (Atti dell' accademia Gioenia di sc. nat. Catania 1889). — [4]) Ann. Past. 1894.

E. de Cillis[1]) u. a. Bakteriologisch ist diese Gärung verfolgt worden von Vittorio Peglion[2]). Er fand in kranken Weinen eine Bakterienart von kolonförmigem Aussehen, den Essigsäurebakterien ähnelnd, welche mit Pepton versetzten Most rasch unter Mannitbildung vergor, ohne dafs sich Schleim bildete. Es ergibt sich hieraus, dafs die Mannitgärung zwar vielfach mit Schleimbildung verbunden ist, dafs sie aber nicht notwendig zur Erzeugung des letzteren Veranlassung geben mufs. Von diesen Bakteriengärungen sind andere Vorkommnisse von Schleimigwerden des Weins zu trennen, bei denen Hefen die Ursache dieser Erscheinung sind [Meissner[3])].

Nach Kramer sind Saccharose, Glukose, Lävulose, Laktose und Stärke der schleimigen Gärung zugänglich, das dabei entstehende gummiartige Kohlehydrat hat die Zusammensetzung $(C_6 H_{10} O_5)_x$. Durin[4]) wollte es direkt als Cellulose ansehen, dagegen hat Béchamp[5]) dafür einen besonderen Namen „Viscose" gewählt. Bei der Vergärung von Invertzucker soll nach Horsin-Déon[6]) zuerst die Fruktose angegriffen werden.

Die meisten dieser Angaben sind insofern mit Vorsicht aufzunehmen, als fast überall mit unbestimmten Gemischen von Bakterien gearbeitet worden ist, unter denen sich ohne Zweifel nicht nur eine gröfsere Anzahl verschiedener Schleimbildner finden, sondern die auch die Vorgänge in ganz unkontrollierbarer Weise kom-

[1]) Nuova Rassegna di Catania 1894. — [2]) Centr. Bakt. (2) 4, 473 (1898). — [3]) Ebenda 1899 (2), S. 232. — [4]) Zeitschr. Zuckerind. 26, 752. — [5]) C. R. 93, 78. — [6]) Zeitschr. Zuckerind. 29, 974.

pliziert haben. Gerade deshalb verdienen die Arbeiten von Ritsert[1]) Beachtung, weil er sein aus Digitalisinfus isoliertes Bacterium gummosum in Reinkultur verwendet hat. Dasselbe, welches nur in Rohrzuckerlösungen Schleim bildet, besteht aus Stäbchen, etwa dreimal so lang als breit, unbeweglich, meist zu zweien oder dreien vereinigt, mit endogenen Sporen. Es ist ein Anaerobier. In Lösungen von

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2,5 | Proz. | Rohrzucker | bildet | es | nach | sechs | Tagen | 1,2 | g | Gummose |
| 10 | „ | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 4,1 | „ | „ |
| 20 | „ | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 5,5 | „ | „ |
| 30 | „ | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 6,5 | „ | „ |
| 40 | „ | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 2,4 | „ | „ |
| 60 | „ | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 0 | „ | „ |

Bis 30 Proz. Zucker nimmt also die Schleimbildung zu, von da wieder ab.

Ferner hat Bräutigam[2]) einen, wie es scheint, recht verbreiteten Schleimbildner unter dem Namen Micrococcus gelatinogenus beschrieben, den er aus der Luft isolierte. Ob er in irgend einem Verhältnis zu dem Ritsertschen steht, ist unbekannt. Er soll aufser Gummi auch Milchsäure erzeugen.

Aus Digitalisabkochungen kultivierte Happ[3]) einen „Bacillus gummosus“, der 5 bis 7,5 $\mu$ lang und 0,6 bis 2 $\mu$ breit war. In älteren Kulturen zeigt er Clostridiumformen. Er ist eigenbeweglich, doch hört die Bewegung bald auf. Ferner fand Happ in Senegainfus einen Micrococcus gummosus von 0,4 $\mu$ Durch-

---

[1]) Chem. Centralbl. 1892, S. 236. — [2]) Chem. Ztg. 15, 230. — [3]) Bakt. u. chem. Unters. über die schleimige Gärung, Basel 1893.

messer, welcher dem von Bräutigam beschriebenen sehr ähnlich ist, sich aber durch den Verlauf der Gärung unterscheidet. Von dem Bacillus wird nur aus Rohrzucker Schleim gebildet, von dem Micrococcus auch aus Maltose. Als Nebenprodukte treten auf Mannit, Milchsäure, Buttersäure, Kohlensäure.

Ganz neuerdings hat Schardinger[1]) über einen aus unreinem Trinkwasser isolierten Mikroben berichtet, welcher Ketten bildet, unbeweglich ist, keine Sporen zu bilden scheint und in mit kohlensaurem Kalk versetzten Lösungen von Rohrzucker, Invertzucker, Dextrose, Lävulose, Milchzucker, Maltose unter Entwickelung von reichlichen Mengen Wasserstoff Gärung erzeugt. Dabei bilden sich Essigsäure, l-Milchsäure, Alkohol, Bernsteinsäure und ein Schleimstoff, der durch Oxydation in Schleimsäure übergeht. Der Bacillus gehört zu der Gruppe des Aerogenes, und es mag hier auf bereits früher bekannt gewordene Versuche des Verfassers hingewiesen sein, welche weiter unten angeführt sind.

Zu den aus Milch isolierten, in Rohrzucker Schleim bildenden Bakterien gehört auch der von Boekhout[2]) beschriebene Streptococcus hornensis, von dem ebenfalls noch die Rede sein wird.

Auch in Würzen und Bieren ist die Erscheinung des Schleimigwerdens wohlbekannt. Aufser Mikrokokken fand van Laer[3]) in solchen Bieren auch Stäbchen-

---

[1]) Centralbl. Bakt. 1902, S. 144, 175. — [2]) Ebenda 1900, S. 161. — [3]) Note sur les fermentations visqueuses. Mém. publié par l'ac. royale de Belgique 43, 1889.

bakterien, welche sich leicht in den Gärräumen, der Luft und allen Gefäfsen verbreiten. Besonders diejenigen Biere sind der Krankheit ausgesetzt, welche sehr stickstoffreich sind. Hier soll der Schleim aus einer stickstoffhaltigen und einer stickstofffreien Substanz bestehen.

Eingehende Studien über einen Organismus, welcher in englischen Bieren das Schleimigwerden erzeugt, hat Heron[1]) angestellt. Es ist dies ein Coccus von besonderer Kleinheit, welcher durch eigentümliche Anschwellungen und Einschnürungen das Aussehen einer Sarcine annehmen kann. Durch weitere Veränderungen treten rosenkranzähnliche Gebilde auf. Bier, welches durch diesen Organismus schleimig geworden, hat fast sämtliche Säure verloren und einen widerlichen Geschmack angenommen. Auffallend ist, dafs der Mikrobe allein in Bier keine Schleimbildung erzeugen kann, sondern erst in Gemeinschaft mit Hefe. Als Mittel gegen den Pilz wird Vermehrung der Säure und Verwendung von mehr Hopfen empfohlen. Mit Übergehung verschiedener anderer, wenig bekannter, aus schleimigen Bieren isolierter Mikroben sei hier nur noch der Pediococcus viscosus genannt, der nach Lindner bisweilen das Schleimigwerden des Weifsbieres verursacht.

In schleimiger Tinte ist von Hery[2]) ein grofser, Kapseln bildender Bacillus aufgefunden worden. Besonders aus Campecheholz bereitete Tinten sollen dem

---

[1]) Diary for the Brewing Room 1899. — [2]) Centralbl. Bakt. **11**, 690.

Schleimigwerden ausgesetzt sein. In den meisten Fällen wird man in solchen Tinten den Schleim lediglich aus dem Mycel von Schimmelpilzen bestehend finden.

Zum Teil gänzlich verschieden von den bisher betrachteten Erscheinungen ist das Dick-, Zähe- oder Schleimigwerden der Milch aufzufassen. Sie verdankt diese Krankheit nicht ausschliefslich einer Vergärung des Zuckers, sondern auch einer mehr oder weniger starken Veränderung der Eiweifskörper. Hier tritt endlich auch ein Schleimigwerden durch starke Anschwellung der Bakterienmembranen auf, eine Erscheinung, welche uns später noch in anderen Fällen beschäftigen wird.

Zu den aus Milchzucker Schleim bildenden Bakterien gehört eine von Leichmann[1]) untersuchte Stäbchenart, die sich durch Kapselbildung auszeichnet. Sie zerlegt Milchzucker unter Erzeugung von Schleim in Milchsäure und etwas Alkohol. Auch die von Schmidt-Mühlheim[2]) beschriebenen kleinen stark lichtbrechenden, kokkenartigen Organismen, welche in Albumin- und Kaseïnlösungen keine Gärung, in Milchzucker, Rohrzucker, Traubenzucker, Mannit dagegen Schleimbildung erregen, gehören hierher. Aus vergorener Milchzuckerlösung konnte durch Alkohol eine klebrige Masse gefällt werden, die sich in Wasser wieder zu einem trüben, fadenziehenden Liquidum

---

[1]) Landwirtschaftl. Versuchsstation 43, 373. — [2]) Pflüg. Arch. 27, 490.

löste, welches alkalische Kupferlösung reduzierte und stickstoffhaltig war.

Es ist ferner zu dieser Kategorie von Schleimbildnern zu zählen der Bacillus lactis aërogenes, welcher nach des Verfassers[1]) Versuchen in Milchzuckerlösungen einen Schleim bildet, welcher die Eigenschaften eines Galactans zeigt, da es durch Oxydation in Schleimsäure übergeführt werden konnte. Aufserdem bildet sich bei der Gärung Essigsäure und Bernsteinsäure. Derselben Gärung unterliegt die Galaktose, nicht aber die Glukose.

Zweifelhaft ist, ob der von Löffler[2]) aus Milch gezüchtete Bacillus lactis pituitosi die fadenziehende Substanz aus Milchzucker oder Kaseïn erzeugt.

Zu den die Eiweifskörper der Milch verändernden Schleimbildnern gehört dagegen der von Adametz[3]) beschriebene Bacillus lactis viscosus, welcher einem Bache in der Nähe Wiens entstammte. Er stellt kurze kokkenähnliche Stäbchen von 0,4 bis 0,7 $\mu$ Durchmesser vor. In Milch geimpft, macht er dieselbe schleimig und fadenziehend; nach vier bis sechs Wochen wird dieselbe zäh wie Honig und läfst sich zu meterlangen Fäden ausziehen. Dabei wird der Milchzucker wenig verändert, sondern das Kaseïn, doch ist die Umwandlung noch nicht mit Bestimmtheit aufgeklärt.

Zweifelhaft ist, ob der von Weigmann[4]) isolierte Micrococcus hierher gehört, welcher die Ursache der

---

[1]) O. Emmerling, Berl. Ber. 33, 2478 (1900). — [2]) Berl. klin. Wochenschr. 87, 631. — [3]) Milchztg. 1889, Nr. 48 und Centralbl. Bakt. 9, 689. — [4]) Milch-Ztg. 1889, Nr. 50, S. 982.

sogenannten „langen Wei“, der fadenziehenden Molke, ist, die bei der Bereitung des Edamer Käses Verwendung findet. Er ist von Scholl[1]) Streptococcus hollandicus genannt worden. Ausführliches über diesen Mikroben teilt Goethart[2]) mit.

Die sogenannte schwedische Langmilch wird nach Gerda Troili-Petersson[3]) durch die Lebenstätigkeit eines unbeweglichen, fakultativ anaeroben Kurzstäbchens, des Bacterium lactis longi, hervorgebracht, welches sich auf den Blättern der Drosera longifolia findet.

Als fadenziehende, wahrscheinlich hierher gehörende Milchbakterien seien noch genannt der Duclauxsche Actinobacter du lait visqueux, der von Guillebeau in der Milch mastitiskranker Kühe gefundene Bacillus c, der Micrococcus Freudenreichii (Tafel V, 2) und das Bacterium Hessii.

Im menschlichen Harn entdeckten als Ursache des Schleimigwerdens Malerba und Sanna-Salaris[4]) eine Bacterium gliscrogenum genannte Bakterienart. Auch in Peptonlösungen bewirkt dieser Organismus Schleimbildung. Der Schleim scheint zu den Eiweifskörpern zu gehören.

## Leukonostok und ähnliche Schleimbildner.

In Zuckerfabriken resp. Melassebrennereien tritt nicht selten erheblicher Schade durch die Entwickelung

---

[1]) Die Milch, Wiesbaden 1891. — [2]) Kochs Jahresber. 1897, S. 194. — [3]) Ebenda 1899, S. 202. — [4]) Rendiconto dell'Acc. delle scienze fisiche e matematiche 1888 und Zeitschr. f. physiol. Chem. 15, 539.

grofser Gallertmassen, verbunden mit Veränderungen des Zuckers, ein. Am bekanntesten ist das Auftreten des sogenannten Froschlaichpilzes Leuconostoc mesenterioides, welcher zuerst von Jubert[1]) aufgefunden und genauer von Cienkowski[2]) und van Tieghem[3]) untersucht worden ist. Letzterer nannte den Pilz wegen seiner Ähnlichkeit mit der grünen Alge Nostok „weifsen Nostok" oder Leukonostok. Den Beinamen mesenterioides erhielt er wegen des gekröseähnlichen Aussehens seiner Gebilde. Der Mikrobe hat jedoch nichts mit Algen zu tun, sondern gehört zu den Kokken, welche meist als Diplokokken auftreten, wie durch die Untersuchungen Zopfs[4]) bewiesen ist. Diese Kokken umgeben sich in Zuckerlösungen mit einer starken Gallerthülle. Dieselbe besteht nach Scheibler[5]), welcher sie zuerst für ausgetretenes Rübenplasma gehalten hatte, aus einem Kohlehydrat aus der Klasse der Gummiarten und zwar aus Dextran. Besonders scheinen unreife oder stark mit Stickstoff gedüngte Rüben das Auftreten des Pilzes zu begünstigen (Herzfeld[6]). Von Liesenberg und Zopf, welche nachwiesen, dafs derselbe auch in den Rohrzuckerfabriken Javas zu Hause ist, wurde die interessante Tatsache festgestellt, dafs zwei verschiedene Wuchsformen des

---

[1]) Journ. des fabricants de sucre 1875. — [2]) Die Gallertbildung des Zuckerrübensaftes. Charkow 1878. — [3]) Sur la gomme de sucrerie. Ann. sc. nat. 6, t. 7. — [4]) Beiträge zur Physiologie und Morphologie niederer Organismen, Heft I, 1892. — [5]) Zeitschrift f. Zuckerind. 24, 309. — [6]) Zeitschr. Zuckerind. d. Deutsch. Reichs 1891, Nr. 44.

Mikroben existieren. Auf zuckerfreien Nährböden wächst er nämlich in Streptokokkenform ohne Schleimhülle, welche sich nur auf zuckerhaltigen bildet, und zwar nur in Gegenwart von Rohrzucker und Traubenzucker. Milchzucker, Maltose, Dextrin werden zwar angegriffen, geben aber nicht zu der Gallertbildung Veranlassung. Rohrzucker wird invertiert, und hierin besteht die Gefahr für die Zuckerfabriken, danach unter Gas- und Säurebildung vergoren. Die Säure besteht aus Milchsäure[1]). Infolge seiner starken Hülle ist der Pilz recht widerstandsfähig, feuchte Hitze tötet ihn erst bei etwa 85°, trockner Hitze widersteht er selbst bei 100° mehrere Minuten. Dagegen hört bereits bei 40 bis 43° sein Wachstum auf, man kann daher seine Entwickelung durch Einhalten dieser Temperatur beim Arbeiten verhindern.

Der bereits oben erwähnte Bacillus hornensis, welcher aus Milch isoliert wurde, findet sich auch in Wasser und auf Pflanzen. Er bildet aus Rohrzucker eine schleimige Masse, jedoch nur in Gegenwart von Peptonen; für die Zuckerfabrikation ist er danach wenig von Bedeutung. Dasselbe ist der Fall mit einem gelegentlich auftretenden, von Koch und Hosaeus[2]) beschriebenen Bacterium pediculatum, welches aus Stäbchen besteht, deren eine Seite Gallerte abscheidet, welche eine Art Fufs oder Stiel bildet, daher der Name. In Reinkultur ist dieser Pilz nicht erhalten worden.

---

[1]) Winter, Deutsche Zuckerind. 18, 1585. — [2]) Centralbl. Bakt. 16, 225.

Dem Leukonostok nahe steht der Ascococcus Billrothii, der nach Zopf aus Zucker gummiartige Substanzen erzeugt, wobei als Nebenprodukt Buttersäure entsteht.

Endlich hat Glaser[1]) unter dem Namen Bacterium gelatinosum eine lebhaft bewegte Bacillenart beschrieben, welche bei 40 bis 50° schon nach wenigen Stunden in Rübensäften Gas- und Gallertbildung hervorruft, aber im Gegensatz zu Leukonostok sich nicht in zehnprozentiger Melasselösung entwickelt.

Die sogenannte Rübengummosis soll nach Busse[2]) durch einen 1,5 bis 1,7 $\mu$ langen und 0,7 bis 0,8 $\mu$ breiten, beweglichen Bacillus bewirkt werden, den er aus mit der Krankheit behafteten Rüben isolierte.

Auch bei Zuckerrohr tritt die Krankheit der Gummosis auf, doch scheint hier ein anderer Mikrobe tätig zu sein, den Cobb[3]) kultivierte und Bacillus vascularum nannte, weil er die Gefäfsbündel der Pflanze befällt und die Absonderung eines gelben, zähen Schleimes hervorruft.

In allen diesen Fällen, sei es nun, dafs die Gallertmassen als Zellmembranen der Pilze anzusehen sind, oder dafs die Gummiart in der Flüssigkeit gelöst bleibt, wird dieselbe aus Zucker gebildet und verdankt ihre Entstehung einer synthetischen Wirkung spezifischer Mikrobenarten. Solchen synthetischen Arbeiten sind wir schon wiederholt begegnet, sie sind überhaupt

---

[1]) Centralbl. Bakt. 1895 (II), S. 879. — [2]) Ebenda 1897 (II), S. 680. — [3]) Ebenda 1895, S. 41.

bei Gärungsprozessen nichts Seltenes. Hoppe-Seyler[1]) hat schon frühzeitig beispielsweise auf die Entstehung fetter Säuren und Alkohole, wie Capronsäure und Hexylalkohol, bei der Fäulnis des Glycerins hingewiesen. Ebenso ist die Entstehung von Buttersäure resp. Butylalkohol aus Milchsäure aufzufassen.

## Die Buttersäuregärung.

Wenn man nach den alten Rezepten der Milchsäuregewinnung Zucker mit saurer Milch, Kreide und Käse versetzte, geschah es wohl nicht allzu selten, dafs die gewünschte Milchsäurebildung ausblieb und dafür eine andere Säure, die Buttersäure, entstand[2]). Der Lage der biologischen Forschung entsprechend hat man sich über diesen rätselhaften Vorgang keine Rechenschaft geben können, bis auch hier wieder Pasteur[3]) in bahnbrechender Weise die nötigen Aufklärungen gab, indem er feststellte, dafs bei dieser Buttersäurebildung ebenfalls eine Gärung vorliege, welche jedoch in zwei Phasen verlaufe. Zunächst entsteht in normaler Weise Milchsäure, diese, in Form ihres Kalksalzes, unterliegt aber der Tätigkeit anderer in Milch resp. Käse vorhandener Bakterien und geht in Buttersäure über. Die spezifischen Buttersäurefermente Pasteurs, welche später auch von Cohn[4]) untersucht wurden, werden als lange, ziemlich dicke Stäbchen

---

[1]) Zeitschr. f. phys. Chem. 3, 351. — [2]) Pelouze u. Gelis, Ann. 47, 241. — [3]) C. R. 45, 913 (1857); 52, 342; 53, 344. — [4]) Beiträge zur Biologie der Pflanzen II, 1, 1872, S. 172.

beschrieben, ohne dafs es möglich ist, zu entscheiden, welchem der heute bekannten Buttersäurepilze sie entsprechen; mit Wahrscheinlichkeit sind sie mit dem später zu besprechenden Beyerinckschen Granulobacter lactobutyricum identisch.

Abgesehen von den erwähnten Verdiensten Pasteurs haben seine Untersuchungen besonders dadurch so hervorragendes Interesse gehabt und behalten, dafs sie die Grundlage der Lehre von der Anaerobiose bilden, indem nachgewiesen wurde, dafs gewisse Organismen ohne Sauerstoff leben und weitgehende chemische Spaltungen bewirken können.

Eine neue Form von Buttersäurebakterien gelangte durch die Arbeiten Prazmowskis[1]) zur Kenntnis. Sie wurde Bacillus amylobacter oder Clostridium butyricum genannt, weil die ursprünglichen Stäbchen bei der Sporenbildung in ganz sauerstofffreien Medien zu spindelförmigen Gebilden anschwellen (κλωστηρ = die Spindel). Dieser exquisit anaerobe Pilz gedeiht besonders gut in Milch, welche durch Milchsäuregärung schwach sauer geworden ist. Dafs sich unter dieser Clostridiumart jedenfalls eine Anzahl ähnlicher, aber differenter Pilze verbergen, wird noch näher erörtert werden.

Im Jahre 1880 hat A. Fitz[2]) milchsauren Kalk durch Buttersäurebakterien vergoren, welche er für identisch mit den Pasteurschen hielt; auch hier ist

---

[1]) Über d. Entwickelungsgeschichte und Formentwickelung einiger Bakterien. Leipzig 1880. — [2]) Berl. Ber. 1880, S. 1307.

es fraglich, ob reine Gärungserreger vorlagen. Fitz war der erste, welcher sein Augenmerk auf die dabei entstehenden Nebenprodukte richtete; er fand als solche Äthyl- und Butylalkohol, Propionsäure und Valeriansäure.

Der Nachweis, dafs das von Prazmowski beschriebene Clostridium kein einheitlicher Pilz sei, gelang im Jahre 1887 Gruber[1]), indem er daraus drei Arten isolierte; leider beschränken sich seine Angaben auf morphologische Untersuchungen. Zwei seiner Pilze waren Anaerobier, der dritte vegetierte zwar bei Sauerstoffabwesenheit, gedieh jedoch besser bei Luftzutritt und bildete nur unter dieser Bedingung Sporen. Alle drei sollen aus Zucker Buttersäure und Butylalkohol erzeugen.

In Milch hatte schon mehrere Jahre früher Hüppe[2]) einen Buttersäurepilz entdeckt, ein schlankes Stäbchen, welches mittelständige Sporen bildet, bei Sauerstoffabwesenheit wächst und Gelatine verflüssigt. Dieser Bacillus butyricus führt milchsauren in buttersauren Kalk über. Im System scheint er zu der Gruppe der Heubakterien zu gehören. Diese Tatsache und der Umstand, dafs man zur Einleitung einer Buttersäuregärung vielfach Heuwaschwasser verwendet hat, ist wohl der Grund gewesen, dafs man noch jetzt in Lehrbüchern den gewöhnlichen Heubacillus Bacillus subtilis als Buttersäurepilz aufgeführt findet, ein Irr-

---

[1]) Centralbl. Bakt. I, 1887, S. 367. — [2]) Mitteil. aus d. Gesundh.-A. 2, 353 (1884).

tum, der in der weiteren Betrachtung noch zur Sprache kommen wird.

Ferner vermehrte Liborius[1]) die Kenntnis der Buttersäurefermente durch das aus Erde resp. Kuhexkrementen gewonnene Clostridium foetidum, lebhaft bewegliche Stäbchen mit Sporen; aufserdem machte er einen Bacillus polypiformis und einen Bacillus muscoides bekannt. Ersterer bildet Sporen, welche fast die ganze Zelle ausfüllen, im Gegensatz zu dem Clostridium foetidum verflüssigt er Gelatine nicht. Der Bacillus muscoides zeigt endständige Sporen. Die Kolonien sind moosartig verästelt.

Während diese beiden letzten Pilze keine ausgesprochenen Buttersäurefermente sind, gilt dies in hervorragendem Grade von einem von Botkin[2]) in Milch gefundenen obligaten Anaerobier, der sich auch in Erde, Wasser u. s. w. reichlich findet und sich am besten aus Milch isolieren läfst. Wenn dieselbe nämlich gekocht und, in fest verschlossene Flaschen gefüllt, bei 37° gehalten wird, so tritt eine sehr lebhafte Buttersäuregärung ein, deren gasförmige Produkte nicht selten die Flaschen zertrümmern. Der sporenbildende Bacillus trägt die Sporen meist in der Mitte, charakteristisch für ihn ist die Fähigkeit, Stärke zu verzuckern.

Die Angaben Botkins und später Flügges[3]) über die weite Verbreitung dieses Bacillus butyricus

---

[1]) Zeitschr. Hyg. 1, 160. — [2]) Ebenda 11, 4. — [3]) Ebenda 17, 289.

Botkin sind nicht ohne Widerspruch geblieben. Schattenfroh und Grafsberger[1]) konnten in Milch, die nach der angegebenen Weise behandelt war, den Bacillus nicht finden, es trat zwar Gärung ein, sie war jedoch durch andere Buttersäurepilze hervorgerufen. Ob danach der Botkinsche Buttersäurepilz als Art bestehen bleibt, müssen neue Untersuchungen lehren. Viele Eigenschaften mit ihm gemein hat ein von Perdrix[2]) aus Pariser Leitungswasser isolierter Bacillus amylozymicus (Bacille amylozyme), welcher seinem Namen entsprechend Stärke wie der Botkinsche mittelst eines Enzyms verzuckert. Der Zucker wird hierauf vergoren, und zwar glaubt Perdrix den Vorgang ausdrücken zu können durch die Gleichung:

$$56\,C_6H_{12}O_6 + 42\,H_2O = 156\,H_2 + 114\,CO_2 + 39\,C_2H_4O_2 + 36\,C_4H_8O_2.$$

Wenn Perdrix auch den nebenher entstehenden Äthyl- und Amylalkohol in die Gleichung eingeführt hätte, so wäre sie nur noch etwas komplizierter geworden. Etwas einfacher gestaltet sich die Gleichung schon in älteren Gärungen, nämlich:

$$46\,C_6H_{12}O_6 + 18\,H_2O = 112\,H_2 + 94\,CO_2 + 15\,C_2H_4O_2 + 38\,C_4H_8O_2,$$

bis endlich nach längerer Zeit die Menge der Produkte den normalen Verhältnissen

$$C_6H_{12}O_6 = 2\,H_2 + 2\,CO_2 + C_4H_8O_2$$

entspricht.

---

[1]) Centralbl. Bakt. 5, 209, 702 (1899). — [2]) Ann. Past. 5, 287 (1891).

In dem alten Material für Buttersäuregärungen, Rohrzuckerlösungen mit Weinsäure und Käse versetzt, wies Kedrowski[1]) zwei Bakterienarten nach, welche kräftig Buttersäure erzeugten. Die eine soll grofse Ähnlichkeit mit den Pasteurschen resp. Prazmowskischen Pilzen haben, die andere wächst schneller und verflüssigt Gelatine. Der Nachweis der Buttersäure ist hier übrigens in recht unvollkommener Weise geführt worden.

Die Angaben Vandeveldes[2]) wie die von Fitz[3]), dafs der Bacillus subtilis Buttersäuregärung hervorrufe, sind durch die Arbeiten E. Buchners widerlegt. Man weifs jetzt, dafs der Bacillus subtilis kein Gärungserreger ist, und dafs beide Autoren andere Pilze unter den Händen gehabt haben müssen. Dagegen gehört in die Gruppe der Heubacillen ein vom Verfasser[4]) aus Kuhdünger isolierter Bacillus, der Bacillus boocopricus (Tafel VI, 2). Derselbe ist durch seine Eigenschaft ausgezeichnet, Gelatine nicht zu verflüssigen und Glycerin in Buttersäure überzuführen.

Da die Kenntnis der Buttersäurefermente eine sehr unvollkommene war und vielfach Verwechselungen vorkamen, hat sich Beyerinck[5]) der dankbaren Aufgabe unterzogen, eine Sichtung durch neue Untersuchungen vorzunehmen. Dieselben beschränken sich jedoch auf die Clostridien bildenden eigentlichen Butter-

---

[1]) Zeitschr. Hyg. 16, 449. — [2]) Zeitschr. f. phys. Chem. 8, 367. — [3]) Berl. Ber. 11, 53. — [4]) O. Emmerling, Berl. Ber. 29, 2726. — [5]) Koninklijke Akademie van Wetenschapen. Amsterdam 1893.

säurepilze. Zwei derselben isolierte er aus Maische, wohin sie mit den Getreidekörnern gelangen; eine dritte Form ist der Pilz, welcher milchsauren Kalk in Buttersäure überführt, eine vierte ist kein eigentlicher Buttersäureerreger, sondern bildet Butylalkohol [1]). Die beiden ersten sind strenge Anaerobier. Bei Sauerstoffanwesenheit bilden sie lebhaft bewegte Stäbchen, welche bei Sauerstoffausschlufs Gärung erregen, dabei zu Clostridien anschwellen und sich mit Granulose füllen, welche sich durch Jod blau färbt. Diese Eigenschaft, Granulose zu bilden, hat Beyerinck veranlafst, diese Gattung „Granulobacter" zu nennen. Die in den Clostridien entstehenden Sporen sind sehr widerstandsfähig und können ohne Schaden einige Minuten auf 100° erhitzt werden. Die drei Arten sind:

1. Granulobacter saccharobutyricum, angeblich identisch mit dem Bacillus butylicus von Fitz, was indessen zweifelhaft erscheint. Er bildet das eigentliche Buttersäureferment, welches sich in Getreide, Gartenerde, Schlamm, überhaupt sehr weit verbreitet findet, aus Glukose und Maltose Buttersäure, Wasserstoff und Kohlensäure und in kleinen Mengen normalen Butylalkohol bildet. Man kann jedoch Zuckerlösungen mit Gartenerde sehr leicht in buttersaure Gärung versetzen, ohne unter Umständen auch nur eine Spur von Butylalkohol zu bekommen. Die Clostridien sind klein mit runden Sporen, mit Jod färben sie sich violett. Der Mikrobe verflüssigt Gelatine nicht.

---

[1]) Siehe die Bemerkung unter „butylalkoholische Gärung".

2. Granulobacter lactobutyricum vergärt milchsauren Kalk. Doch geht diese Eigenschaft älteren Kulturen leicht verloren; in diesen Fällen entsteht aus milchsaurem kohlensaurer Kalk.

3. Granulobacter polymyxa. Fakultativ anaerob, findet sich in Malzwürze und erzeugte weder Wasserstoff noch Buttersäure, sondern Kohlensäure und wenig Butylalkohol, stellt bewegliche Stäbchen dar, welche Clostridien bilden, die Granulose enthalten.

Statt der früheren Vorschrift ist zur Erzeugung von Buttersäure ein Rezept Beyerincks[1]) sehr zu empfehlen, wonach eine fünfprozentige Traubenzuckerlösung mit 5 Proz. Fibrin versetzt und zum Kochen erhitzt wird. Während des Kochens infiziert man mit etwas Gartenerde. Die sogleich erkaltete Lösung hält man bei 37°, und wenn nach zwei Tagen Gärung eingetreten ist, neutralisiert man mit Natronlauge. So fährt man längere Zeit fort mit der zeitweiligen Neutralisation.

Sehr schön erhält man nach Beyerinck die Clostridienform des Granulobacter saccharobutyricum, wenn man statt Glukose in obigem Rezept Rohrzucker verwendet, 3 Proz. kohlensauren Kalk, 0,05 Natriumphosphat, 0,05 Magnesiumsulfat und 0,05 Kaliumchlorid zufügt.

Die bei der Buttersäuregärung entstehende Säure ist stets die normale. Zwar liegen einige Angaben vor, dafs auch Isobuttersäure gebildet werde, indessen sind

[1]) Centralbl. Bakt. 2, 699.

diese Befunde zweifelhaft. Um die gebildete Säure nachzuweisen oder rein darzustellen, wird die angesäuerte Flüssigkeit destilliert, das Destillat mit Calciumkarbonat neutralisiert und aus der konzentrierten Flüssigkeit entweder das Silbersalz bereitet, oder das feste Salz mit Alkohol und Schwefelsäure behandelt, wobei der charakteristische Geruch des Buttersäureäthers auftritt. Sehr gut eignet sich zum Nachweis auch das Calciumsalz selbst, dessen kalt gesättigte Lösung beim Erwärmen Salz ausscheidet.

Der Vorgang bei der Gärung wird allgemein durch die Gleichung ausgedrückt

$$C_6H_{12}O_6 = 2CO_2 + 2H_2 + C_4H_8O_2,$$

worauf schon wiederholt hingewiesen worden ist. Die dabei auftretenden Nebenprodukte ändern an der Berechtigung dieser Formel nichts.

Aufser den bisher betrachteten Buttersäurefermenten gibt es eine grofse Anzahl von Bakterien, welche Buttersäure als Nebenprodukt erzeugen und zwar aus den verschiedensten Materialien. Es treten uns hier also dieselben Erscheinungen entgegen wie bei der Milchsäure. Zu den Buttersäureerzeugern gehören auch viele Fäulnispilze; da dieselben die Säure jedoch aus Eiweifskörpern erzeugen, so sollen sie in der folgenden Übersicht nicht mit aufgeführt werden.

Es bilden Buttersäure aus:

| Name der Bakterien | Neben-produkt | Autor |
| --- | --- | --- |
| **1. Glukose.** | | |
| Granulobacter saccharobutyricum . . . . . . | $H_2$, $CO_2$, Butylalkohol | Beyerinck, s. o. |
| Bacillen des Puerperalfiebers . . . . . . . . | $H_2$, $CO_2$ | Arloing, C. R. 101, 829 |
| Bacillus oedem. maligni | $CO_2$, Milchsäure | Kerry u. Fränkel, Monatsh. Ch. 11, 268; 12, 350 |
| „ lupuliperda . . | ? | Behrens |
| Bacillen der Kartoffelnafsfäule . . . . . . . | $CO_2$ | Kramer, Lehrbuch 1, 143 |
| Vibrio cholerae . . . . | diverse fette Säuren, s. u. Milchsäure | Gosio, Arch. Hyg. 22, 1 |
| Stickstoff assimilierende Bodenbakterien (nicht Knöllchenbakterien) . | $CO_2$, H, Essigsäure | Winogradsky, C. R. 1894 |
| Amylobacter butylicum | Essigsäure Alkohol Butylalkohol | Duclaux, Ann. Past 9, 811 |
| **2. Rohrzucker.** | | |
| Granulobacter saccharobutyricum . . . . . . | siehe unter Glukose | |
| Bacterium termo (?) . . | ? | Fitz, Berl. Ber. 11, 53, 1890 |
| Bakterien der Gartenerde | $CO_2$, H, Äthyl- und höhere Alkohole Essigsäure Propionsäure | Dehérain und Maquenne, C. R. 97, 803 |
| Amylobacter butylicum | wie bei Glukose | — |

| Name der Bakterien | Neben-produkt | Autor |
| --- | --- | --- |
| **3. Milchzucker.** | | |
| Staphylococcus pyogenes aureus . . . . . . . . | Alkohol Milchsäure | Lübbert, Biol. Spaltpilzuntersuch. |
| Ein Clostridium aus Käse | — | Burri, Centralbl. Bakt. (II) 3, 609 |
| **4. Stärke.** | | |
| Bakterien des Puerperalfiebers . . . . . . . . | $H_2$, $CO_2$ | Arloing, s. Glukose |
| Bacillus suaveolens . . . | Alkohol Aldehyd Ameisens. Essigsäure wohlriech. Ester | Sclavo und Gosio, Biederm. 20, 419 |
| Amylobacter butylicum | s. Glukose | — |
| Ein dem Bacillus subtilis ähnlicher Spaltpilz . . . . . . . . . . | ? | Fitz, Berl. Ber. 1877, S. 282 |
| Bakterien der Kreide von Sens[1]) . . . . . . . . | $CO_2$, $H_2$, Essigsäure | Béchamp, B. P. 7, 753 |

Vor der Vergärung wird die Stärke stets hydrolisiert; über diastatische Enzyme in Bakterien ist unter Milchsäure bereits gesprochen worden.

## 5. Glykogen.

| | | |
| --- | --- | --- |
| Bacillus orthobutylicus . | $CO_2$, $H_2$, Butylalkohol Essigsäure Milchsäure | Grimbert, Ann. Past. 7, 353 (1893) |

---

[1]) Béchamp hatte der Kreide die Eigenschaft eines Ferments zuerkannt, bis Champerland und Roux (C. R. 92, 1165) nachwiesen, dafs dieselbe stets Bakterien enthalte. Béchamp nannte dieselben dann „Mikrozyma cretae".

Liebig hatte in seinen chemischen Briefen (4. Aufl., 1884) angegeben, dafs zerkleinerte, mit Wasser bedeckte Leber bei 37° nach vier bis fünf Stunden Gasblasen entwickelt, die sich entzünden lassen, nach Pribram (Sitzungsber. Wien. Akad. 78, II, Oktober 1878) findet dabei eine Buttersäuregärung des Glykogens statt.

| Name der Bakterien | Neben-produkte | Autor |
|---|---|---|
| **6. Glycerin.** | | |
| Bacillus butylicus . . . | Äthylalkohol, Butylalkohol, Essigsäure, Kapronsäure, $CO_2$, H, Trimethylen-alkohol | Fitz, Berl. Ber. 1876, S. 1348; 1878, S. 42; 1882, S. 878 |
| Bakterien des Puerperal-fiebers . . . . . . . . | — | Arloing, siehe unter Glukose |
| Bakterien d. blauen Eiters | Äthylalkohol, Butylalkohol, Essigsäure, Bernstein-säure | Fitz, Berl. Ber. 1878, S. 1893 |
| Bacillus boocopricus . . | — | Emmerling, ebenda 29, 2726 |
| Amylobacter butylicum | s. Glukose | — |
| **7. Mannit.** | | |
| Bacillus butylicus . . . | normaler Butylalkohol, Milchsäure | Fitz, Berl. Ber. 1882, S. 878 |
| **8. Erythrit.** | | |
| Unbest. Bakterien aus Kuhdünger . . . . . | Alkohol, Bernsteins. | Fitz, Berl. Ber. 1878, S. 45 |

| Name der Bakterien | Neben-produkte | Autor |
|---|---|---|
| Gekochtes Heuwaschwasser . . . . . . . | Alkohol Essigsäure Bernsteinsäure | Fitz, Berl. Ber. 1879, S. 475 |

9. Quercit.

| Name der Bakterien | Neben-produkte | Autor |
|---|---|---|
| Unbest. Bakterien . . . | — | Fitz, Berl. Ber. 1878, S. 45 |

10. Sorbinose.

| Name der Bakterien | Neben-produkte | Autor |
|---|---|---|
| Unbest. Milchsäureferment . . . . . . . | Milchsäure | Berthelot, Ann. chim. (III), 50, 350 |

11. Arabinose.

| Name der Bakterien | Neben-produkte | Autor |
|---|---|---|
| Bacillus orthobutylicus . | $CO_2$, H, Butylalkohol Essigsäure Milchsäure | Grimbert, Ann. Past. 7, 353 (1893) |

12. Milchsaurer Kalk.

| Name der Bakterien | Neben-produkte | Autor |
|---|---|---|
| Granulobacter lactobutyricum . . . . . . | — | Beyerinck, s. o. |
| Bacillus lactis aerogenes | — | Baginsky, Zeitschr. f. phys. Chem. 12, 434 |
| „ mesentericus vulgatus . . . . . . . . | — | Löffler, Berl. klin. Wchschr. 87, 34 |
| Bacillus liodermus . . . | — | Ders., ebenda |
| „ lactis albus . . . | — | Ders., ebenda |
| Bakterien aus Kuhexkrementen . . . . . | Essigsäure Bernsteinsäure Kapronsäure | Fitz, Berl. Ber. 1878, S. 51 |

| Name der Bakterien | Neben-produkte | Autor |
|---|---|---|
| **13. Glycerinsaurer Kalk.** | | |
| Ein Mikrococcus aus Kuhdünger ..... | Alkohol<br>Essigsäure<br>Ameisen-säure | Fitz, Berl. Ber. 1879, S. 474 |
| Ein birnförmiger Coccus aus Heu ....... | Essigsäure<br>Bernstein-säure<br>Alkohol | " |

## Die butylalkoholische Gärung.

Die erste Beobachtung, dafs bei Bakteriengärungen aus verschiedenen Materialien neben gewöhnlichem Alkohol auch Butylalkohol entsteht, wurde im Jahre 1876 von Albert Fitz[1]) mitgeteilt. Setzte er zu einer Lösung von 100 Teilen Glycerin, 1 Teil Kaliumphosphat, 0,5 Teilen Magnesiumsulfat, 2 Teilen Pepsin in 2000 Teilen Wasser 20 Teile Calciumkarbonat und einen aus Kuhdünger isolierten Spaltpilz, so geriet die Flüssigkeit bei Bruttemperatur in lebhafte Gärung unter Kohlensäure- und Wasserstoffentwickelung, und aus der Flüssigkeit konnte er nach beendeter Gärung neben wenig Äthylalkohol bis 7,7 Proz. vom Glycerin an normalem Butylalkohol gewinnen. Daneben entsteht viel Buttersäure und Essigsäure, auch Capronsäure.

Auch Mannit[2]) konnte auf gleiche Weise in butylalkoholische Gärung versetzt werden, wobei neben Buttersäure auch Milchsäure entstand.

[1]) Berl. Ber. 9, 1348. — [2]) Ebenda 11, 42.

Fitz beschreibt den betreffenden Organismus als stattliche Stäbchen, 5 bis 6 $\mu$ lang und 2 $\mu$ breit, welche sich lebhaft bewegen, indem sie sich gleichzeitig um ihre Längsachse drehen. Der Zellinhalt wird durch Jod blau gefärbt; die Sporen schwellen bei der Gärung an. In einzelnen Fällen wurde derselbe Mikrobe auch auf Heu gefunden neben einem anderen, welcher aus Glycerin Äthylalkohol, aber keinen Butylalkohol erzeugte. Dieser letztere, von Fitz für den Bacillus subtilis gehalten, ist später als von demselben verschieden erkannt und Bacillus Fitzianus genannt worden.

Sehr kleine Mengen Butylalkohol entstehen nach Fitz[1]) auch bei der Vergärung des Glycerins durch Bakterien des blauen Eiters, nämlich aus 100 g Glycerin, 10 g Äthylalkohol und 0,8 g Butylalkohol neben Buttersäure, Essigsäure und Bernsteinsäure.

Die Fitzsche Angabe zur Herstellung von Butylalkohol ist vielfach verwendet worden, und Freund[2]) erhielt bei Anwendung von Heuwaschwasser noch als Nebenprodukt Trimethylenglykol $C_3H_6(OH)_2$; bei Anwendung von 3 kg Glycerin wurden von K. E. Schulze[3]) 155 g Butylalkohol und 32 g Phoron gewonnen. Endlich wies in den Gärungsprodukten Ch. Morin[4]) 1 Proz. vom Glycerin an normalem Amylalkohol nach, eine Angabe, welche Verfasser nie hat bestätigen können, was übrigens nicht weiter auffallend ist, da keiner der erwähnten Autoren mit Reinkulturen gearbeitet hat.

---

[1]) Berl. Ber. 1878, 1893. — [2]) Monatsh. Chem. 2, 636. — [3]) Berl. Ber. 1882, S. 64. — [4]) C. R. 105, 816.

Übrigens läfst auch die Fitzsche Vorschrift nicht selten im Stich. Verfasser[1]) konnte durch eine gröfsere Anzahl von Heusorten oder Kuhexkrementen Glycerin nicht in butylalkoholische Gärung versetzen; es scheint, dafs die Bakterienflora der verschiedenen Provenienzen verschieden ist. Gelegentlich wurde der Fitzsche Mikrobe auch in morschem Holze gefunden.

Eingehend hat sich Beyerinck[2]) mit der butylalkoholischen Gärung beschäftigt. Er wies nach, dafs die Buttersäurepilze oft etwas Butylalkohol als Nebenprodukt erzeugen, dafs es aber einen Pilz, den er Granulobacter butylicum nennt, gibt, der keine Buttersäure, dagegen reichlich normalen Butylalkohol bildet [3]). Er ist das eigentliche Butylferment, welches Zucker und Maltose vergärt. Wenn Beyerinck freilich annimmt, dafs der Fitzsche Bacillus butylicus identisch sei mit seinem Granulobacter saccharobutyricum, so bleibt dies fraglich und würde erst entschieden, wenn nachgewiesen würde, dafs letzterer auch aus Glycerin Butylalkohol entstehen läfst, worauf vom Verfasser[4]) hingewiesen worden ist.

Granulobacter butylicum findet sich nach Beyerinck besonders in Getreidemehlen, mit Vorliebe in dem Mehl resp. auf den Hülsen von Hordeum distichum nudum.

Um eine Butylalkoholgärung einzuleiten, soll man

---

[1]) O. Emmerling, Berl. Ber. 29, 2726; 30, 451. — [2]) Koninkl. Akad. d. Wetensch. Amsterdam II, erster Teil 1893. — [3]) Neuerdings findet Beyerinck, dafs sein Granulobacter butylicum nicht Butylalkohol, sondern Propylalkohol produziert. — [4]) a. a. O.

in 100 Teile kochendes Wasser nach und nach grobgemahlenes Mehl von Hordeum distichum eintragen, bis ein dicker Brei entsteht; darauf ist sofort abzukühlen. Bei 37° tritt rasch Butylalkoholgärung ein; in solchen Gärungen soll der Mikrobe in Reinzucht vorhanden sein. Auf ungehopfter Malzwürzegelatine wächst der Pilz zu milchweifsen zähen, nicht verflüssigenden Kolonieen. Er ist ein strenger Anaerobier, welcher sich mit Granulose füllt, die Clostridien enthalten Sporen von 2 μ Länge und 1 μ Breite.

Dafs die Beyerincksche Vorschrift öfters nicht zum Ziele führt, wird jeder wissen, der sich mit butylalkoholischer Gärung beschäftigt hat. Hat man einmal einen Kuhdünger, welcher in Glycerin Butylalkohol erzeugt, so bleibt seine Verwendung entschieden das bequemste Fermentationsmaterial.

Welche Bakterienarten den Butylalkohol im Kornfuselöl erzeugen, worin er neuerdings, wenn auch in sehr geringer Menge, vom Verfasser[1]) nachgewiesen wurde, ist unbekannt.

Ein von Grimbert[2]) beschriebener Pilz, der Bacillus orthobutylicus, der aus einer gärenden Calciumtartratlösung isoliert worden war, scheint nicht zur Klasse der Granulobacterarten zu gehören. Er vergärt Rohrzucker, Milchzucker, Maltose, Glukose, Galaktose, Glycerin, Mannit, Arabinose, Stärke, Inulin, nicht aber Glykol, Erythrit, Trehalose, Gummi, milchsauren und weinsauren Kalk, indem neben Wasserstoff und

---

[1]) O. Emmerling, Berl. Ber. 1902, S. 694. — [2]) Ann. Past. 93, 353.

Kohlensäure Buttersäure, Essigsäure und normaler Butylalkohol entsteht. In kleinen Mengen wurde auch Isobutylalkohol nachgewiesen. Die Menge des Butylalkohols scheint mit dem Alter der Gärflüssigkeit und der Menge der Säure zuzunehmen. Grimbert drückt den Gärungsvorgang bei Glukose in folgender Gleichung aus:

$$7\,C_6H_{12}O_6 = 2\,C_4H_{10}O + 2\,C_2H_4O_2 + 5\,C_4H_8O_2 + 10\,CO_2 + 4\,H + 6\,H_2O.$$

In 20 Tagen wurden 2,4 g Glukose zu 0,842 g Buttersäure, 0,229 g Essigsäure und 0,264 g Butylalkohol vergoren, so dafs über 10 Proz. des letzteren entstanden. Das Merkwürdigste an diesem Pilze, welcher keinen Bearbeiter wieder gefunden hat, ist seine Fähigkeit, aus Glukose noch weit mehr (bis 20 Proz.) Butylalkohol zu erzeugen, wenn er mehrere Passagen auf Inulinlösungen, welche er nur schwer vergärt, hat durchmachen müssen; umgekehrt soll Inulin stärker angegriffen werden, wenn der Pilz längere Zeit in Glukose gewachsen war.

Eine erneute Prüfung bedürfte ferner wohl eine Angabe Nenckis[1]), wonach eine Mischkultur von Rauschbrandbacillen und dem Micrococcus paralacticus aus 200 g Glukose neben anderen Produkten auch 13 ccm normalen Butylalkohol erzeugte.

A. Vigna[2]) erhielt aus 2200 g Glycerin, welches mit Wasser auf 40 Liter verdünnt und mit 22 g Kaliumphosphat, 44 g Ammoniumtartrat, Calciumkarbonat und

---

[1]) Centralbl. Bakt. 11, 225. — [2]) Berl. Ber. 16, 1438 (1883).

einigen Kubikcentimetern einer gärenden Ammontartratlösung versetzt war, nach zwei Monaten bei 20 bis 25° unter Kohlensäure- und Wasserstoffentwickelung 196 g, also 9 Proz. normalen Butylalkohol. Die gärende Ammontartratlösung war durch Versetzen von Ammontartrat mit faulendem Fleischwasser erhalten. Ob die hier tätigen Mikroben mit dem Grimbertschen Orthobutylicus etwa identisch sind, entzieht sich der Beurteilung.

Endlich isolierte Duclaux[1]) aus mit Gartenerde infiziertem Kartoffelauszug einen Amylobacter butylicum und aethylicum, zwei fakultative Anaerobier.

Stärke wird von ihnen in Essigsäure, Buttersäure, Propylalkohol, Butylalkohol, Äthylalkohol zerlegt. Der Amylobacter butylicus erzeugt mehr Butylalkohol bei Gegenwart von Kreide, ebenso mehr aus Rohrzucker als aus Maltose oder Laktose. Rohrzucker soll ohne Invertierung vergoren werden, wie auch beim Grimbertschen Mikroben der Fall.

Wenn $p$ Moleküle Butylalkohol, 3 $q$ Moleküle Essigsäure und $r$ Moleküle Buttersäure entstehen, so gilt:

$$(p + q + r)(C_6H_{12}O_6) = p\,C_4H_{10}O + 3q\,C_2H_4O_2 + r\,C_4H_8O_2 + (2p + 2r)CO_2 + p\,H_2O + 4r\,H.$$

Glycerin wird ohne Gasbildung zu Buttersäure und Butylalkohol vergoren.

## Die Cellulosegärung.

In Teichen und Flüssen, deren Boden mit Schlamm bedeckt ist, steigen beim Aufrühren des letzteren Gas-

[1]) Ann. Past. 9, 811.

blasen auf, welche entzündlich sind. Über das merkwürdige brennbare Gas drückte bereits im Jahre 1776 Volta in einem Briefe seine Verwunderung aus. Später hat man erkannt, dafs das Gas seine Entzündbarkeit einem Gehalte an Methan verdankt. Bunsens Analysen zeigten, dafs die Zusammensetzung je nach der Jahreszeit stark schwankte. Er fand:

| | Im Winter Proz. | Im Sommer Proz. |
|---|---|---|
| $CH_4$ . . . . . . . . | 47,37 | 76,61 |
| $CO_2$ . . . . . . . . | 3,10 | 5,36 |
| N . . . . . . . . . | 49,39 | 18,03 |
| O . . . . . . . . . | 0,14 | — |

Die in Steinkohlenbergwerken so gefährlichen schlagenden Wetter bestehen ebenfalls zum grofsen Teil aus Methan.

Künstlich lassen sich solche Grubengasgärungen leicht erzeugen, wenn man Flufsschlamm unter Luftabschlufs mit Pflanzenteilen bei Temperaturen von 30 bis 40° stehen läfst; über die Zusammensetzung der dabei entstehenden Gase haben Popoff[1]) und besonders Hoppe-Seyler[2]) berichtet. Das Material für die Methanbildung liefert zum gröfsten Teil die Cellulose. Der erste, welcher überhaupt eine biologische Zersetzung der letzteren beobachtete, war Mitscherlich[3]). Er sah, dafs das Parenchym von in Wasser

[1]) Pflüg. Arch. 10, 113 (1875). — [2]) Zeitschr. pysiol. Chem. 10, 401. — [3]) Monatsh. d. k. Akad. d. Wissensch. Berlin 1850, S. 104.

befindlichen Kartoffelscheiben allmählich verschwand, und schrieb die Ursache den vorhandenen „Vibrionen" zu. Mitscherlichs Versuche sind dann von Popoff wiederholt und bestätigt worden, gleichzeitig konnte er die Tatsache bemerken, dafs bei Zusatz von Bakteriengiften die Cellulose nicht angegriffen wird.

Im Jahre 1879 machte van Tieghem[1]) Mitteilung über die bei der Cellulosezersetzung auftretenden Mikroorganismen und fand in dem von Trecul[2]) aufgefundenen Amylobacter, welcher auch den milchsauren Kalk in Buttersäure verwandelt, das spezifische Celluloseferment. Doch darf man nicht vergessen, dafs von einer Isolierung desselben in unserem heutigen Sinne seitens van Tieghems nicht die Rede sein kann. Die Beschreibungen, welche dieser Autor gibt, weisen unzweifelhaft darauf hin, dafs er Gemische unter den Händen hatte, wie später besonders von Omeliansky ausdrücklich nachgewiesen werden konnte. Auch ist durch die van Tieghemschen Versuche nicht direkt eine Cellulosegärung beweiskräftig erzielt worden, da er mit Pflanzenteilen der verschiedensten Zusammensetzung operierte.

Lange Zeit ist der Name Amylobacter mit der Cellulosevergärung verknüpft worden, und wenn auch vielfach über letztere nach chemischer Richtung hin gearbeitet wurde, so blieb die bakteriologische Seite doch so gut wie unberücksichtigt. Es sind hier besonders

[1]) C. R. 88, 205; 89, 5; Bull. soc. bot. de France: Sur le bacillus amylobacter et son rôle dans la putréfaction des tissus végétaux. — [2]) C. R. 61, 156, 436; 65, 513.

die Arbeiten Popoffs, Tappeiners[1]) und Hoppe-Seylers zu nennen. Ersterer erhielt aus durch Kloakenschlamm in Gärung versetztem Filtrierpapier ein Gasgemisch von Kohlensäure, Methan und Wasserstoff. Tappeiners Versuche betreffen die Zersetzung der Cellulose im Darmkanal der Pflanzenfresser, erstrecken sich aber auch auf künstliche Gärungen, welche mittelst Mageninhalts solcher Tiere eingeleitet wurden. Es traten hier aufser Gasen auch reichliche Mengen fetter organischer Säuren auf, denen eine nicht unwichtige Rolle bei der Verdauung durch Lockerung der Pflanzengewebe zugeschrieben wird.

Am ausführlichsten sind die Arbeiten Hoppe-Seyler's (l. c.), welcher reines Filtrierpapier als Gärsubstrat verwendete. Als Ferment diente ihm meistens Flufsschlamm. Am Ende des Versuches konnte keinerlei Zersetzungsprodukt der Cellulose in den Gefäfsen nachgewiesen werden, es waren vielmehr lediglich gasförmige Produkte entstanden.

Hoppe-Seyler formuliert daher den Vorgang so, dafs zunächst eine Hydrolyse der Cellulose eintritt unter Zuckerbildung:

$$C_6H_{10}O_5 + H_2O = C_6H_{12}O_6,$$

dafs letzterer sodann in Kohlensäure und Methan zerlegt werde:

$$C_6H_{12}O_6 = 3\,CO_2 + 3\,CH_4.$$

Die bakteriologische Seite ist auch von diesem Autor nicht weiter verfolgt worden, es finden sich nur ver-

---

[1]) Berl. Ber. 15, 1882; 16, 1883.

einzelte Beobachtungen, welche auf die Gegenwart des „Amylobacter“ schliefsen lassen.

Dafs gewissen Bakterienarten die Fähigkeit zukommt, Cellulose zu hydrolysieren, dürfte nicht zweifelhaft sein. Wie Cellulasen oder Cytasen in Schimmelpilzen von de Bary und Marshall Ward[1]), Frederick C. Newcombe[2]) u. a. nachgewiesen worden sind, so sind sie auch bei Bakterien vorhanden, besonders soll sich der Vibrio Rugula in dieser Hinsicht auszeichnen.

Bezüglich der bei Cellulosegärungen auftretenden Organismen seien noch die Arbeiten van Senus'[3]) hier erwähnt. Dieser Autor fand, dafs Pflanzenmembranen, Kartoffeln, Radieschen, Bohnensamen von Bakterien angegriffen werden; auch er bemerkte neben anderen Mikroben regelmäfsig den Amylobacter. Die eigentliche Holzsubstanz wird nicht zersetzt, wohl aber die Cuticula der Blätter.

In mit Schlamm versetzten Fleischextraktlösungen überzogen sich Wattefasern mit einem Schleim, in welchem 2,5 bis 3 $\mu$ lange Bakterien lagen; die Watte löste sich langsam. Auch in Rinderpansen konnten solche Schleimmassen bemerkt werden, die Bakterien färbten sich wie Amylobacter mit Jod blau. Daneben traten andere Organismen auf, und van Senus glaubt annehmen zu müssen, Amylobacter allein vergäre Cellulose nicht, es liege vielmehr eine Symbiose mit anderen Mikroben vor. Amylobacter soll nur mittelst

[1]) Ann. of Botany 2, 346 (1888). — [2]) Ebenda 13, 49. — [3]) Bijdrage to de Kennis der cellulose gisting. Leiden 1890.

eines Ferments (Pektase) die Zellen voneinander lösen. Die Cellulose zerfällt bei der Gärung in Wasserstoff, Kohlensäure und Essigsäure, der entstehende Wasserstoff reduziert einen Teil der Kohlensäure zu Methan. Von den anderen Bakterien seien angeführt: Clostridium butyricum, Bacillus tenuis, fibrosus, actinobolus, liquefaciens, perforator, multiformis, verminicola, flavus, augescens, erratus, iriodes.

Eine ganz neue und exakte Bearbeitung der Frage der Cellulosezersetzung liegt neuerdings von Omeliansky[1]) vor. Die Gärungserreger wurden aus Newaschlamm gewonnen, als Gärsubstrat Filtrierpapier verwendet. Eine der wichtigsten Tatsachen der Omelianskyschen Untersuchungen besteht in dem Nachweis, dafs zwei verschiedene Arten der Cellulosevergärung existieren, bei welchen entweder Wasserstoff oder Methan auftreten.

Die Wasserstoffgärung wird durch einen Mikroben hervorgerufen, der das Aussehen sehr dünner, gewöhnlich gerader Stäbchen von 0.5 $\mu$ Dicke und 4 bis 8 $\mu$ Länge hat; letztere kann bis 15 $\mu$ erreichen. Bei der Entwickelung tritt an einem Ende eine Anschwellung auf, welche allmählich runde Gestalt annimmt und die bekannte Trommelschlägerform erzeugt. Darin entwickelt sich die vollkommen runde Spore. Der Bacillus wird in keinem Stadium seiner Entwickelung von Jod blau gefärbt. Die Stäbchen setzen sich fest

---

[1]) C. R. 121, 653 (1895); Arch. des sciences biolog. 7, 411; eine zusammenfassende Arbeit Centralbl. Bakt. 1902 (II), S. 193 ff.

auf den Papierfasern an und bewirken eine Zerstörung derselben. Kohlehydrate, wie Glukose, Rohrzucker, Milchzucker, Stärke, Gummi, Dextrin, Inulin, ferner Mannit und Dulcit werden nicht in Gärung versetzt. Die bei der Cellulosegärung entstehenden Gase bestehen aus Kohlensäure und Wasserstoff in wechselndem Verhältnis, daneben bilden sich aber erhebliche Mengen fetter Säuren und zwar Essigsäure und Buttersäure.

Aus 3,3471 g verschwundener Cellulose waren gebildet:

| | |
|---|---|
| Fettsäure . . . . . . . . . | 2,2402 g |
| Kohlensäure . . . . . . . . | 0,9722 „ |
| Wasserstoff . . . . . . . . | 0,0138 „ |
| | 3,2262 g |

Die Methangärung verdankt ihre Entstehung der Tätigkeit eines zweiten Mikroben, welcher dem ersten allerdings ähnlich ist, der jedoch leicht gekrümmte Stäbchen bildet und in jüngeren Stadien nie zu Ketten verbunden ist. Auch er bildet Trommelschlägerformen, die Sporen sind kleiner als die des ersten Bacillus. Auch dieser Pilz färbt sich mit Jod nicht blau. Die Anwesenheit des Amylobacter ist also in beiden Fällen ausgeschlossen.

Der Methanbacillus läfst sich auf festen Nährböden nicht züchten. Auch er erzeugt aufser Gasen fette Säuren, das Gasgemenge entsprach 30 Proz. $CH_4$ und 70 Proz. $CO_2$.

Dieses Resultat widerspricht den Hoppe-Seylerschen Angaben, nach welchen gleiche Volumina $CH_4$

und $CO_2$ entstehen. Die Fettsäuren setzen sich aus Essig- und Buttersäure im Verhältnis 9 : 1 zusammen.

2,0065 g Cellulose gaben:

| | |
|---|---|
| Methan . . . . . . . . . . | 0,1372 g |
| $CO_2$ . . . . . . . . . . . . . | 0,8678 „ |
| Flüchtige Säuren . . . . . | 1,0223 „ |
| | 2,0273 g |

Da Hoppe-Seyler keine Säuren in seinen Gärgemischen nachweisen konnte, ist es höchst wahrscheinlich, dafs in seinem Kloakenschlamm Gärungserreger waren, welche dieselben gleich nach ihrer Bildung wieder in gasförmige Produkte zersetzten. Beispielsweise den essigsauren Kalk nach der Gleichung:

$$(C_2H_3O_2)_2Ca + H_2O = CaCO_3 + CO_2 + 2\,CH_4.$$

Vielfach sind auch die Vorgänge, wie sie sich beim Rösten des Flachses abspielen, auf Cellulosegärungen zurückgeführt worden; auch hier sollte der van Tieghemsche Amylobacter eine Rolle spielen. Aber mit Unrecht. Alle Methoden laufen auf eine Lösung der Intercellularsubstanz[1]) hinaus und nicht etwa auf eine Vergärung der Cellulose.

Im Jahre 1895 erschien eine Arbeit aus dem Winogradskyschen Laboratorium von Fribes[2]) über die Wasserröste des Flachses. Danach wird dieselbe hervorgerufen durch einen spezifischen, anaerobiotischen, grofsen Bacillus, dessen Sporen in endständigen Anschwellungen sitzen. Er zersetzt Cellulose nicht, ver-

[1]) Kolb, C. R. 66, 1024 (1868). — [2]) C. R. 121, 742.

gärt aber Pektinstoffe sehr leicht. Zucker wird nur in Gegenwart von Pepton angegriffen.

Im Gegensatz hierzu behauptet Marmier[1]), die Erreger der Flachsröste seien aerob und verwandelten Pektose in pektinsauren Kalk.

Ausführliche Untersuchungen von J. Behrens[2]) über die Röste der Hanffaser haben die Angaben von Fribes bestätigen können. In seinen Abhandlungen findet man auch die chemischen Veränderungen eingehend berücksichtigt.

---

Es soll hier nur der Vollständigkeit wegen auf die Erscheinungen bei der Tabakfermentation, bei der Gärung des Indigos und anderen wichtigen Industriezweigen hingewiesen werden. Trotz mannigfacher Untersuchungen liegen hier die Vorgänge noch sehr im Dunkeln und bedürfen noch der Aufklärung.

## Einzelne, zum Teil nicht oder wenig aufgeklärte Gärungen.

### 1. Glycerin.

Glycerin wird durch den Bacillus ethaceticus zu Alkohol und Essigsäure vergoren (Frankland und Fox, Royal Soc. Proc. 46, 345).

Mit Wasser, Kreide und Kasein versetzt, vergärt Glycerin bei 40° zu Alkohol (Berthelot, C. R. 43, 238; 44, 702).

---

[1]) Bot. Centralbl. 83, 90 (1900). — [2]) Centralbl. Bakt. 1902 (II), S. 114 u. f.

Bei der Fäulnis unter Luftabschlufs erhielt Hoppe-Seyler (Zeitschr. physiol. Chem. 3, 351) Äthyl-, Hexylalkohol und Capronsäure.

Der Bacillus Fitzianus vergärt zu Äthylalkohol.

### 2. Mannit.

Der Bacillus ethacetosuccinicus erzeugt Alkohol, Ameisensäure, Essigsäure, Bernsteinsäure, Kohlensäure und Wasserstoff (Frankland u. Frew, Ch. N. 65, 82).

Durch den Bacillus ethaceticus (siehe Glycerin) entsteht Kohlensäure, Wasserstoff, Ameisensäure, Essigsäure.

Mit Kuhexkrementen infiziert, lieferte Mannit in gewissen Fällen Äthylalkohol, Essigsäure, Ameisensäure und etwas Bernsteinsäure.

### 3. Dulcit.

Wird durch den Bacillus ethacetosuccinicus (siehe Mannit) in Essigsäure, Ameisensäure, Bernsteinsäure, Kohlensäure und Wasserstoff übergeführt.

### 4. Ameisensäure.

Bacterium coli zersetzt in Kohlensäure und Wasserstoff (Pakes und Jollyman, Proc. Chem. Soc. 17, 29).

### 5. Essigsäure.

Essigsaure Magnesia zersetzt sich an der Luft in Kohlensäure, Ameisensäure und vielleicht Methylalkohol(?) (Patrouillard, C. R. 84, 553).

Auf die Vergärung der Essigsäure durch Fäulnis-

bakterien ist wiederholt bei der Cellulosegärung hingewiesen worden.

### 6. Weinsäure.

Kuhexkremente erzeugten aus weinsaurem Kalk Alkohol und Essigsäure (Fitz, Berl. Ber. 1879, S. 475).

Durch das Bacterium Termo (?) wird er in Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure und Kohlensäure übergeführt, während das Ammonsalz Bernsteinsäure bildet (König, Berl. Ber. 1881, S. 211).

Fäulnisbakterien zersetzen weinsauren Kalk zu Essigsäure, Buttersäure und Kohlensäure (Hoppe-Seyler, Zeitschr. phys. Chem. 2, 7).

Pasteur (Malys Tierchemie 6, 268) beobachtete eine Vergärung des Calciumtartrats durch einen anaeroben Bacillus zu Essigsäure, Propionsäure und Kohlensäure.

Kreide und Fleischwasser erzeugen Kohlensäure und Wasserstoff (Béchamp, Bull. soc. chim. 11, 466).

Der Bacillus tartricus vergärt zu Essigsäure, Bernsteinsäure, Kohlensäure und Wasserstoff (Grimbert und Ficquet, Chem. Centralbl. 98, I, 682).

Beim Umschlagen des Weins finden mehrere Gärungsprozesse statt, über welche früher berichtet worden ist.

### 7. Äpfelsäure.

Es entstehen aus: äpfelsaurem Kalk durch einen Bacillus Essigsäure und Bernsteinsäure, durch einen anderen daneben noch Propionsäure (Fitz, Berl. Ber. 1878, S. 1896); durch Kreide und Fleischwasser Kohlen-

säure, Wasserstoff, Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure (Béchamp, s. Weinsäure).

Äpfelsaure Salze werden durch den Bacillus lactis aerogenes zu Bernsteinsäure, Kohlensäure, Essigsäure reduziert (Emmerling, Berl. Ber. 1899, S. 1915).

Der Bacillus fluorescens liquefaciens bildet Fumarsäure (Emmerling und Reiser, Berl. Ber. 1902, S. 700).

### 8. Milchsäure.

Bakterien der Kuhexkremente erzeugen in milchsaurem Kalk eine Gärung zu Propionsäure, resp. Valeriansäure (Fitz, siehe oben).

### 9. Oxalsäure.

Oxalsaurer Kalk wird durch ein unbekanntes Ferment in Ameisensäure verwandelt (Béchamp, C. R. 70, 999).

Wenn 20 Teile oxalsaurer Kalk, 10 Teile Sand und Knopsche Nährlösung unter einer Glocke bei 18° gehalten werden, geht der oxalsaure Kalk zum Teil in Kohlensäure über. Die auftretenden Mikroben ähneln dem Bacterium Termo (Schmöger, Berl. Ber. 1879, S. 755).

### 10. Citronensäure.

Mit ungekochtem Heuwaschwasser erhielt man aus Calciumcitrat nach 13 Tagen etwas Alkohol, Essigsäure und Bernsteinsäure (Fitz, Berl. Ber. 1878, S. 1895).

Durch Fäulnis geht das Kalksalz in Kohlensäure, Essigsäure, Buttersäure über (Hoppe-Seyler, Zeitschrift f. phys. Chem. 2, 7).

Bierhefe erzeugt Kohlensäure, Wasserstoff, Essigsäure, Buttersäure (Personne).

Citronensaures Natron geht durch faules Fleisch in Kohlensäure und Buttersäure, durch faulen Käse in Kohlensäure, Wasserstoff und Essigsäure über (Phipson, J. 1862, S. 312). Eine ähnliche Vergärung beobachtete Buchner (J. 1851, S. 376).

### 11. Glycerinsäure.

Verwandlungen:

Des Calciumsalzes durch den Bacillus ethaceticus in Alkohol und Essigsäure 1:4 neben einer kleinen Menge Ameisensäure und Bernsteinsäure. Nur die Hälfte der Glycerinsäure wird vergoren, die andere wird aktiv.

$$5\,C_3H_6O_4 = C_2H_6O + 4\,C_2H_4O_2 + H_2O + 5\,CO_2 + 3\,H_2$$

(Frankland u. Frew, Transact. Royal Soc. 1891).

Durch Fäulnis in Kohlensäure, Wasserstoff, Essigsäure (Hoppe-Seyler).

### 12. Glykolsäure.

Fäulnisbakterien erzeugen Kohlensäure, Wasserstoff, Methan (Hoppe-Seyler).

### 13. Brenzweinsäure.

Nach Béchamp (Bull. **11**, 418) findet durch

Fleischwasser Vergärung zu Methan und Kohlensäure statt.

14. Bernsteinsäure.

Béchamp (siehe oben) beobachtete durch faules Fleisch Bildung von Kohlensäure und Propionsäure (bis 61 Proz.).

$$CO_2H-CH_2-CH_2-CO_2H = CO_2 + COOH-CH_2-CH_3.$$

15. Chinasäure.

Spaltpilze der Luft geben Protokatechusäure (Löw, Berl. Ber. 14, 450).

16. Arabinose.

Nach Frankland und Mac Gregor (Chem. N. 66, 33) vergärt der Bacillus ethaceticus zu Essigsäure, Kohlensäure, Wasserstoff und einer Spur Bernsteinsäure bei Luftzutritt. Bei Sauerstoffmangel tritt viel Ameisensäure auf.

17. Glukose.

Leuchtbakterien oxydieren zu Kohlensäure und Wasserstoff (Beyerinck, Chem. Centralbl. 89, 81; 91, 225; Eykmann, Centralbl. Bakt. 93, 104).

18. Rohrzucker.

Gewisse Bakterien der Abflufswässer von Zuckerfabriken vergären zu Alkohol, Kohlensäure, Essigsäure, Propionsäure, Bernsteinsäure; andere zu Essigsäure, Ameisensäure, Alkohol und Bernsteinsäure (Teixeira-Mendès, Neue Zeitschr. Z. 14, 218).

### 19. Milchzucker.

Bakterien aus saurer Milch gaben viel Bernsteinsäure (Bacillus aerogenes?) (Blumenthal, Centralbl. Bakt. 94 b, 613).

Fitz beobachtete die Vergärung zu Alkohol durch einen unbestimmten Schizomyceten (Berl. Ber. 1878, S. 45).

---

# AUTOREN-REGISTER.

## A.



## B.



## C.



## D.

## K.



## L.



## M.



## N.



## O.



## P.

# SACH-REGISTER.

## C.



## D.

## E.



## F.



## G.



## H.



## I.



## K.



## L.

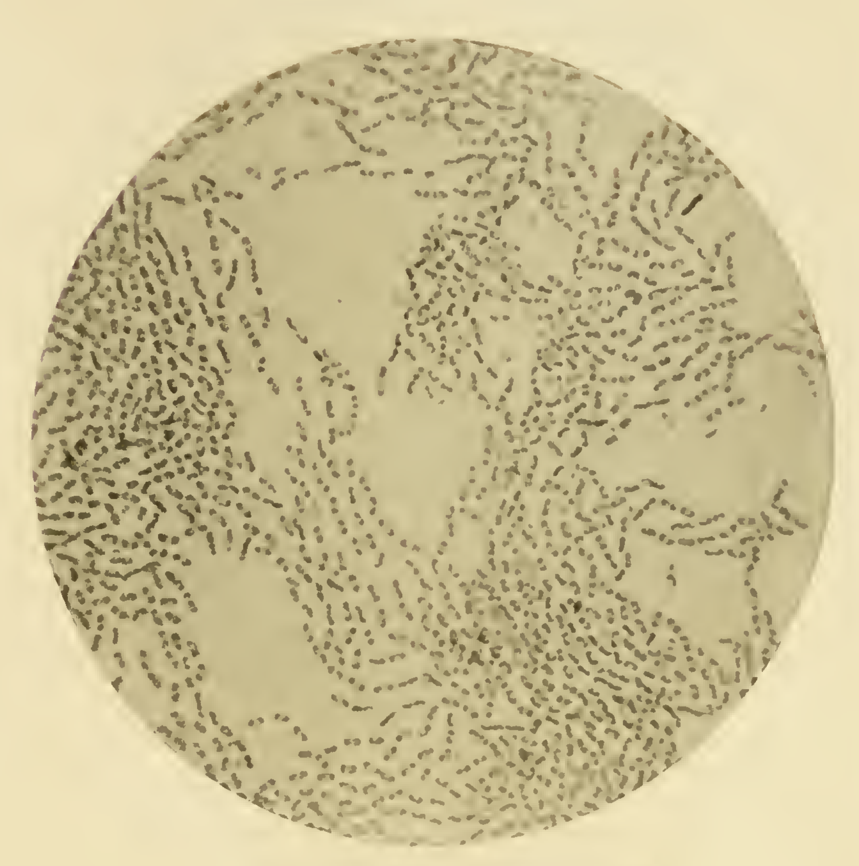


## M.

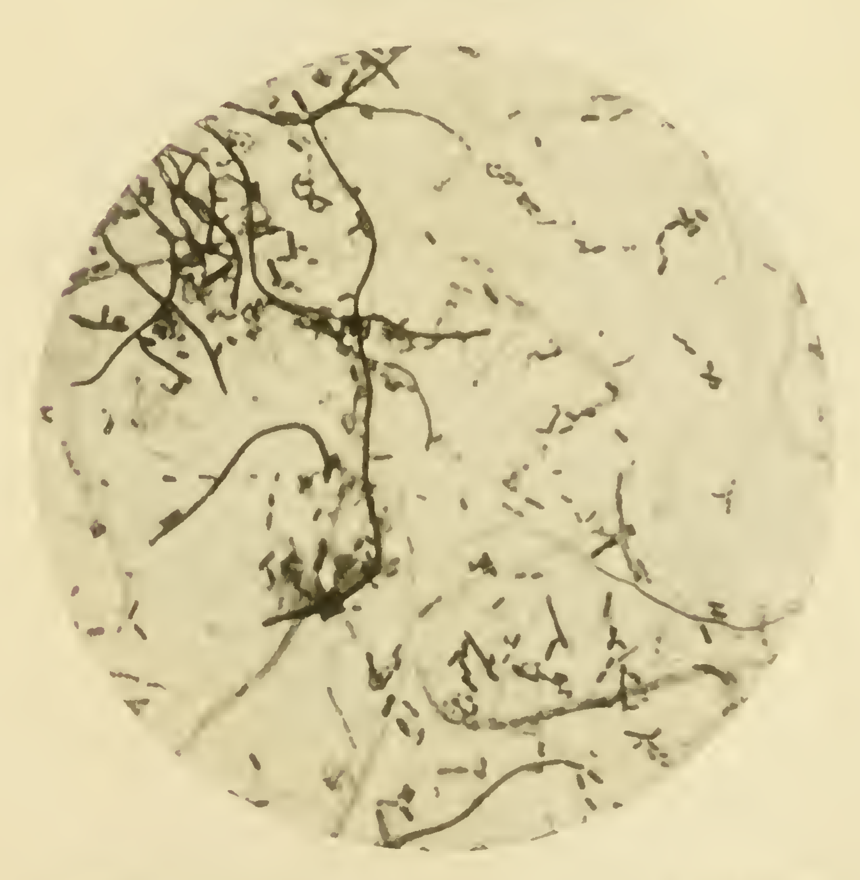




Tafel I.



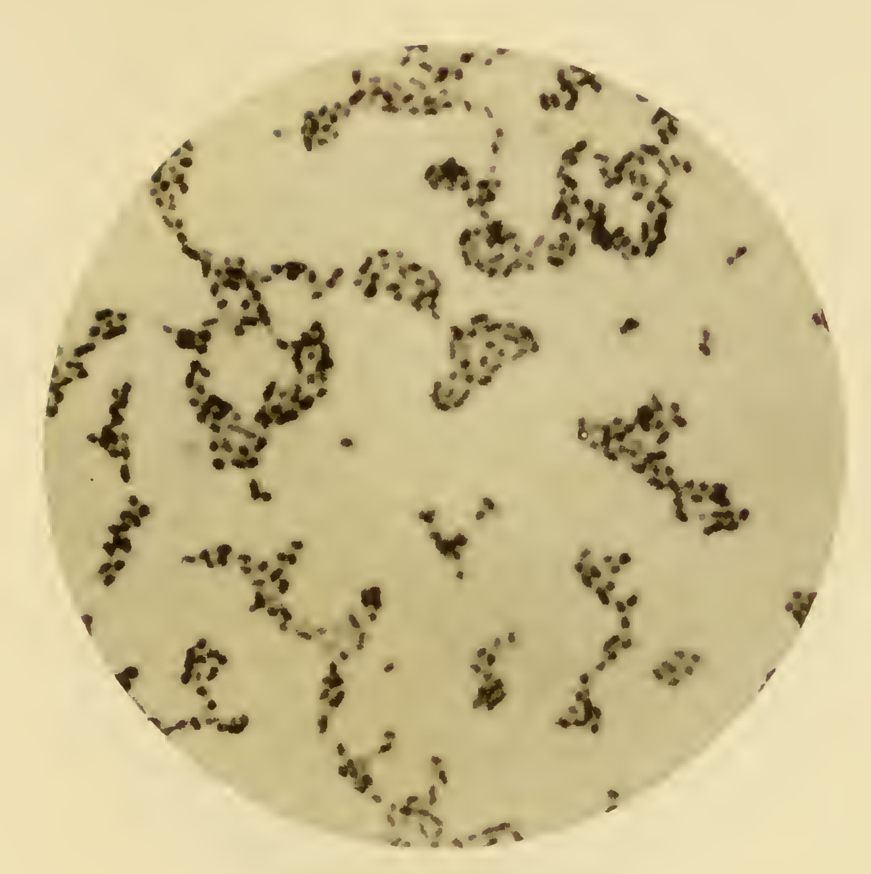
**1. Essigbakterien von Bier,**
mit Methylenblau gefärbt. 800 : 1.



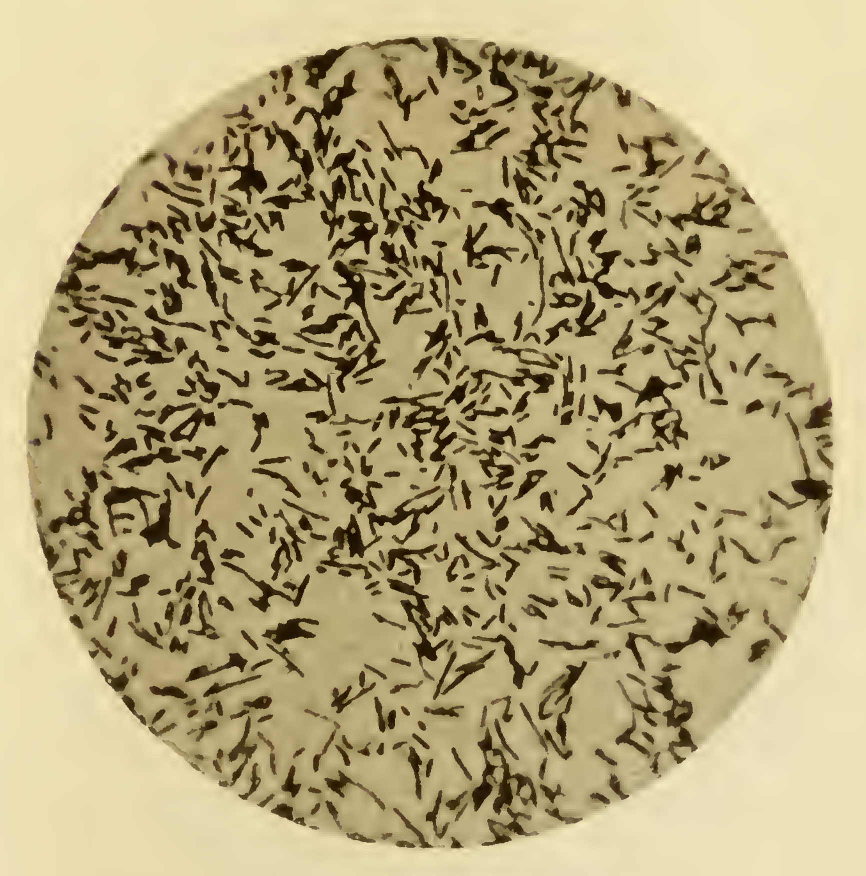
**2. Essigbakterien von Bier, bei $40^0$ gewachsen,**
mit Fuchsin gefärbt. 800 : 1.



Tafel II.



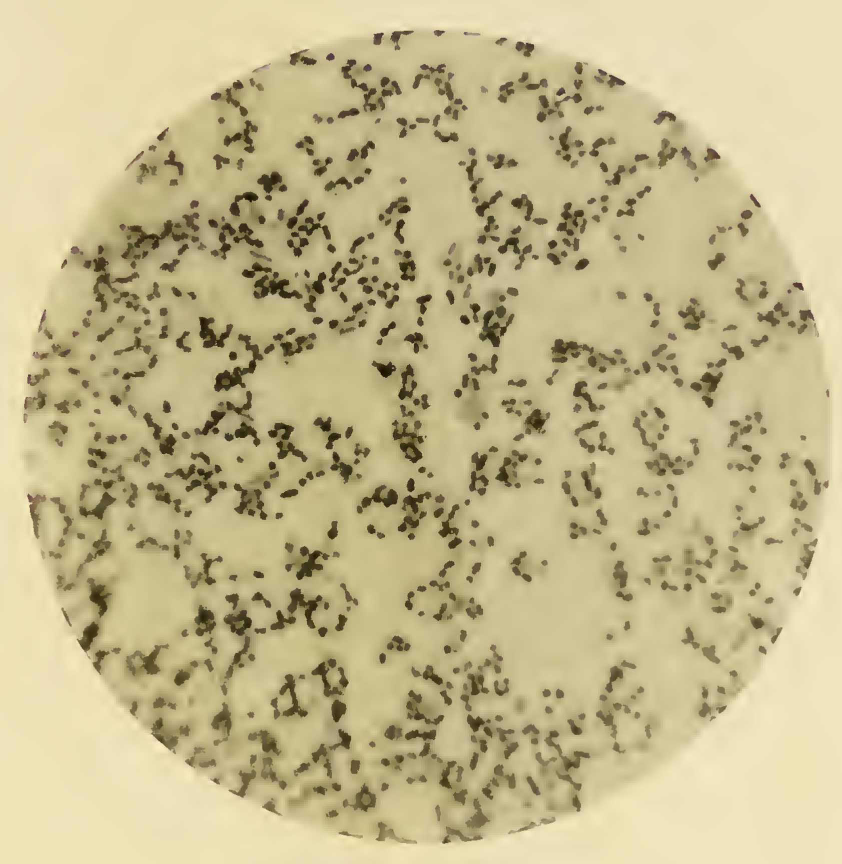
1. Bacterium acetosum,
ungefärbt. 1000:1.



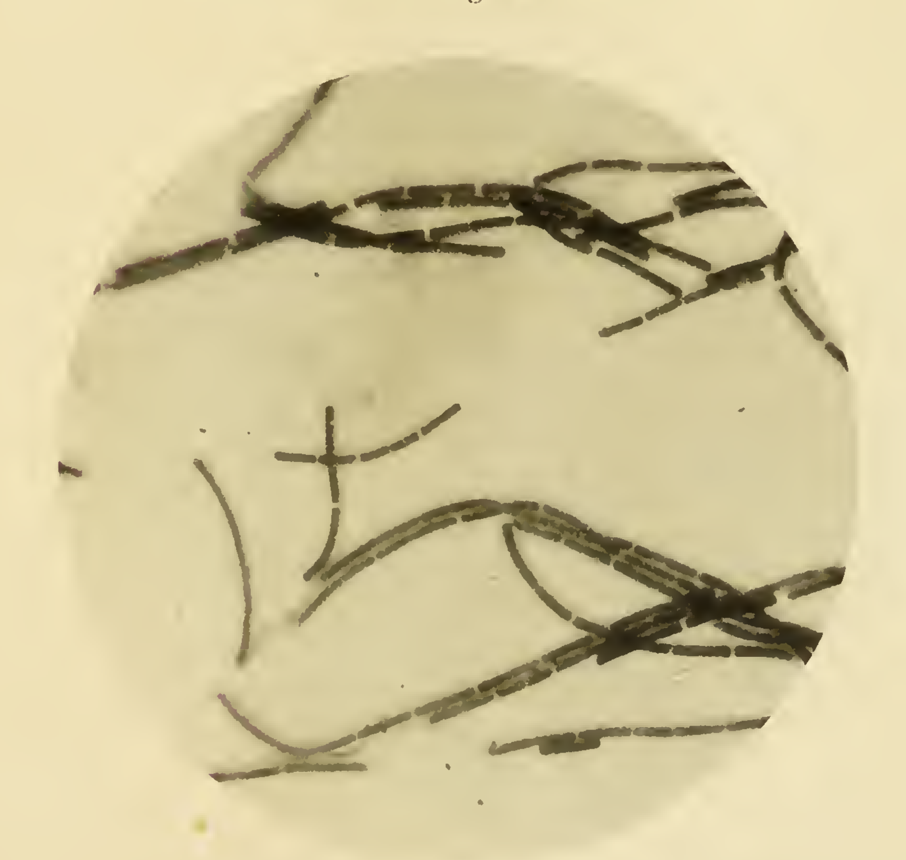
2. Sorbosebacterium (Bact. xylinum),
mit Fuchsin gefärbt. 1000:1.



Tafel III.



1. **Bacillus acidi lactici (Hüppe),**
mit Fuchsin gefärbt. 800 : 1.



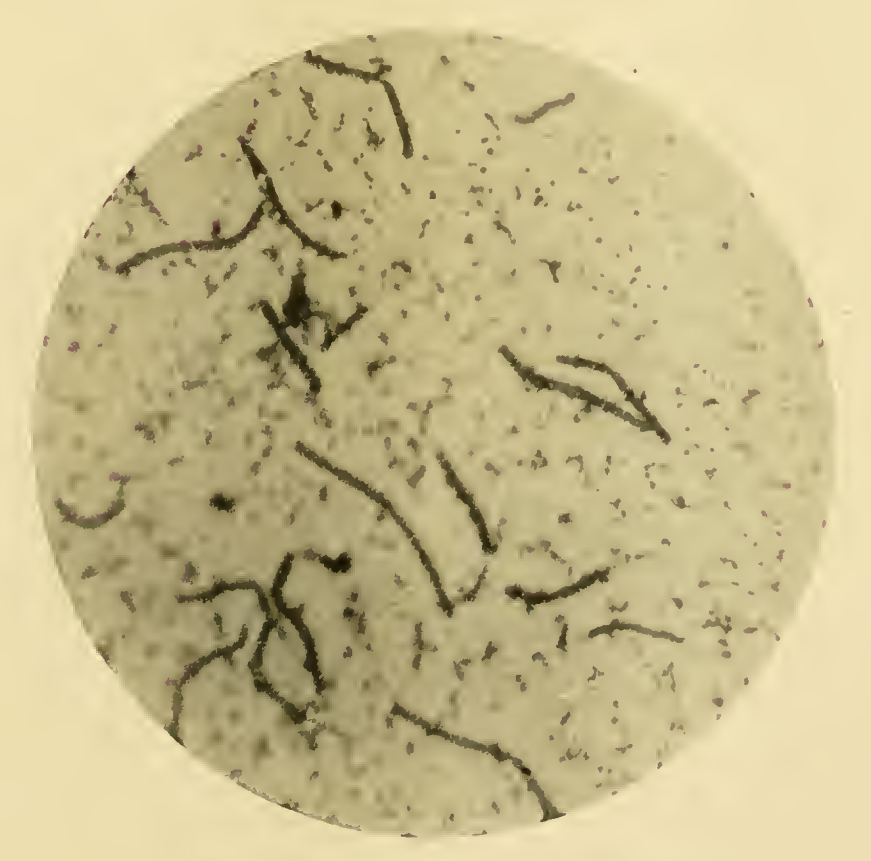
2. **Bacillus mycoides (Klatschpräparat),**
mit Fuchsin gefärbt. 1000 : 1.



Tafel IV.

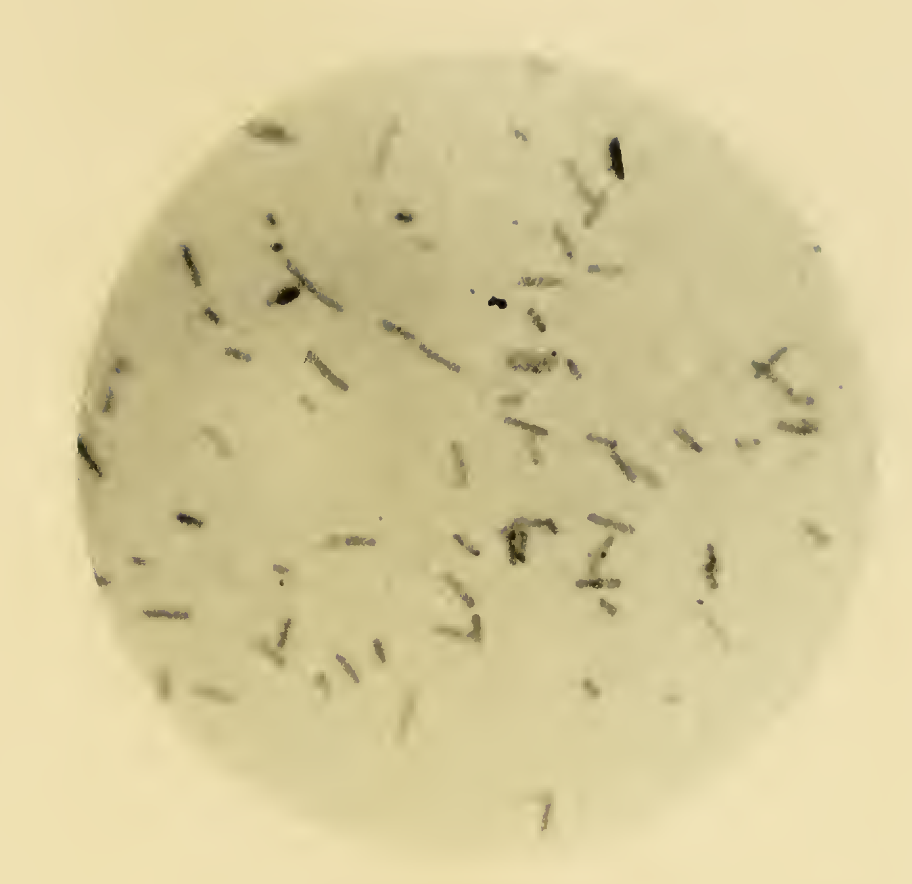


1. **Bacillus acidificans longissimus,**
ungefärbt. 800 : 1.

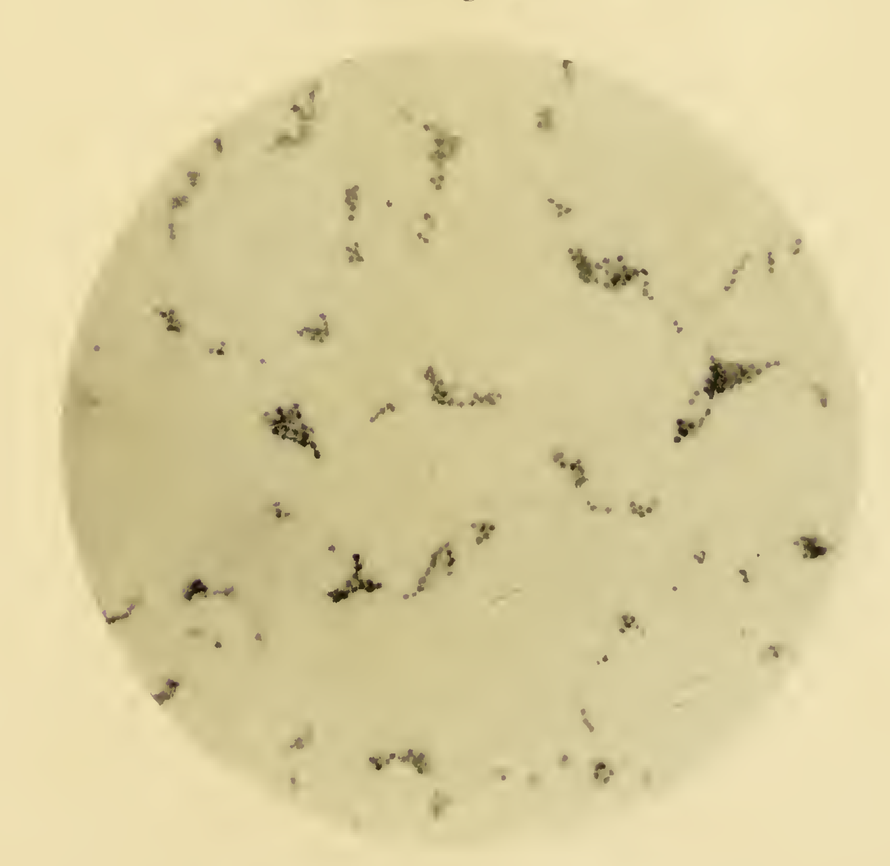


2. **Milchsäurebakterien in Maische,**
ungefärbt. 1000 : 1.

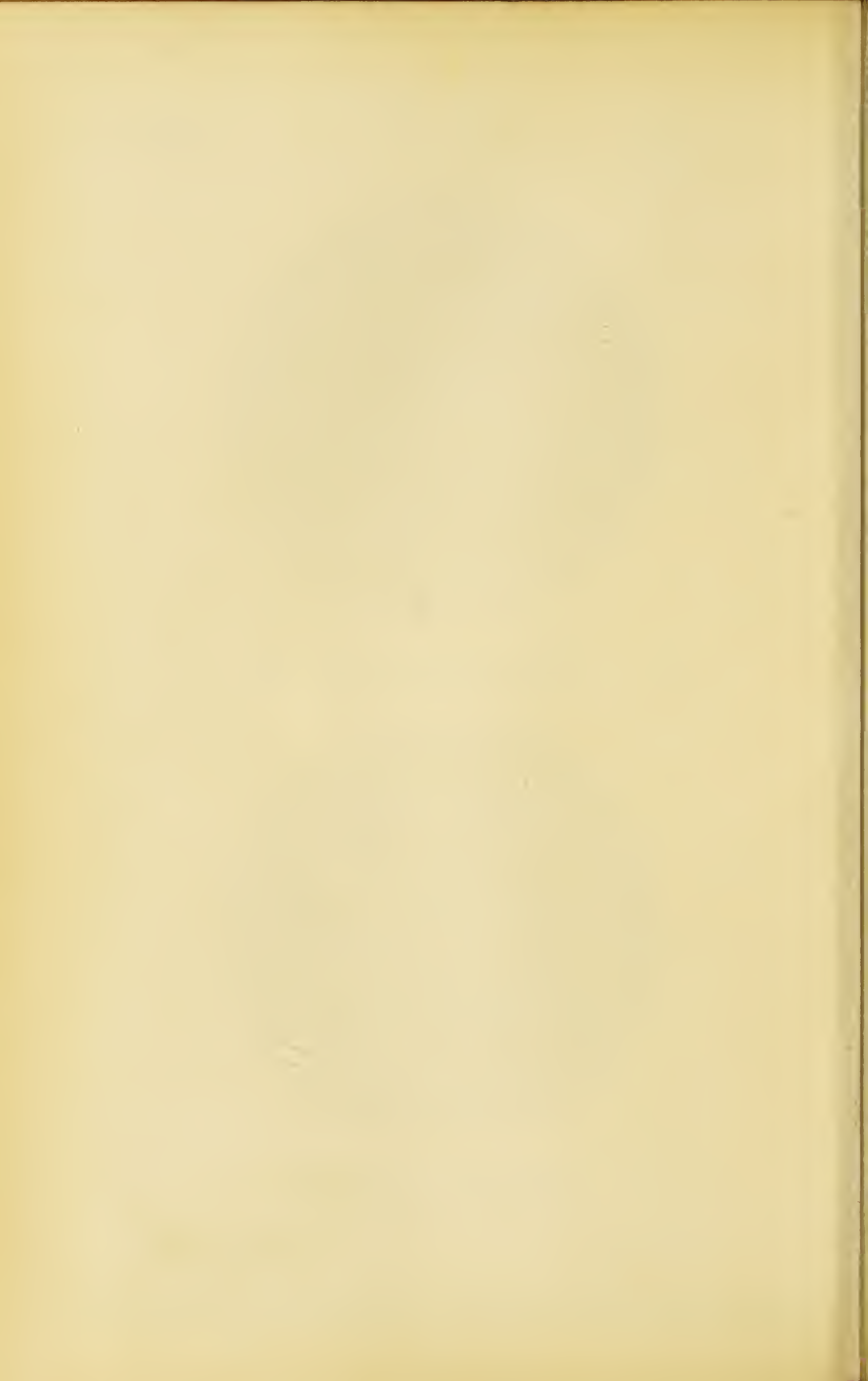


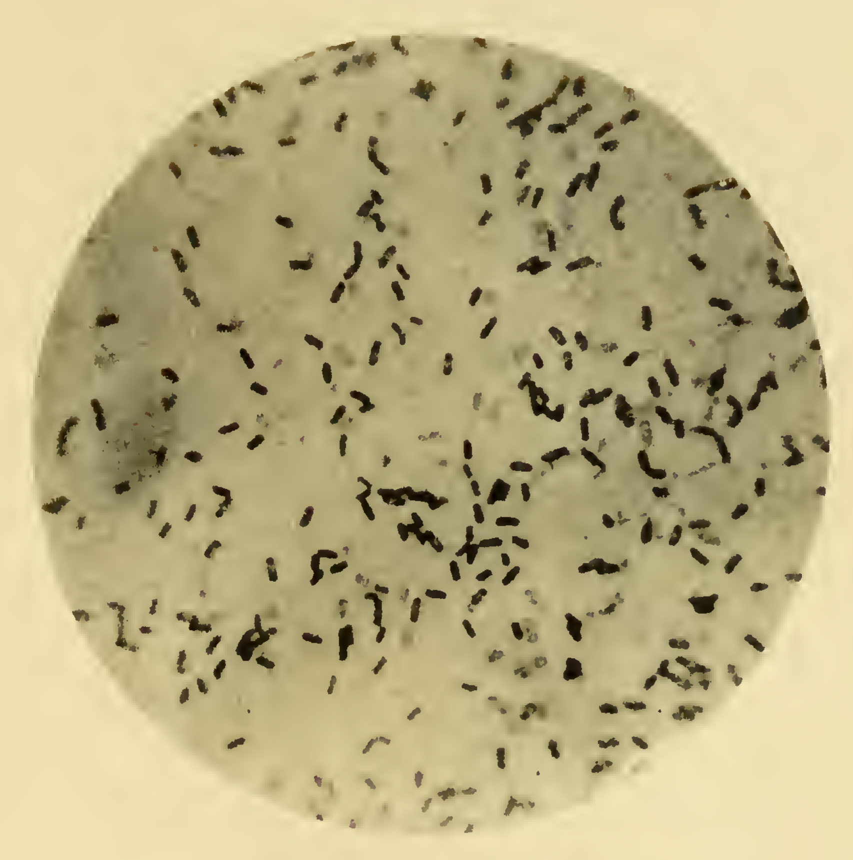


1. **Bacillus mesentericus panis viscosi,**
mit Fuchsin gefärbt. 1000 : 1.

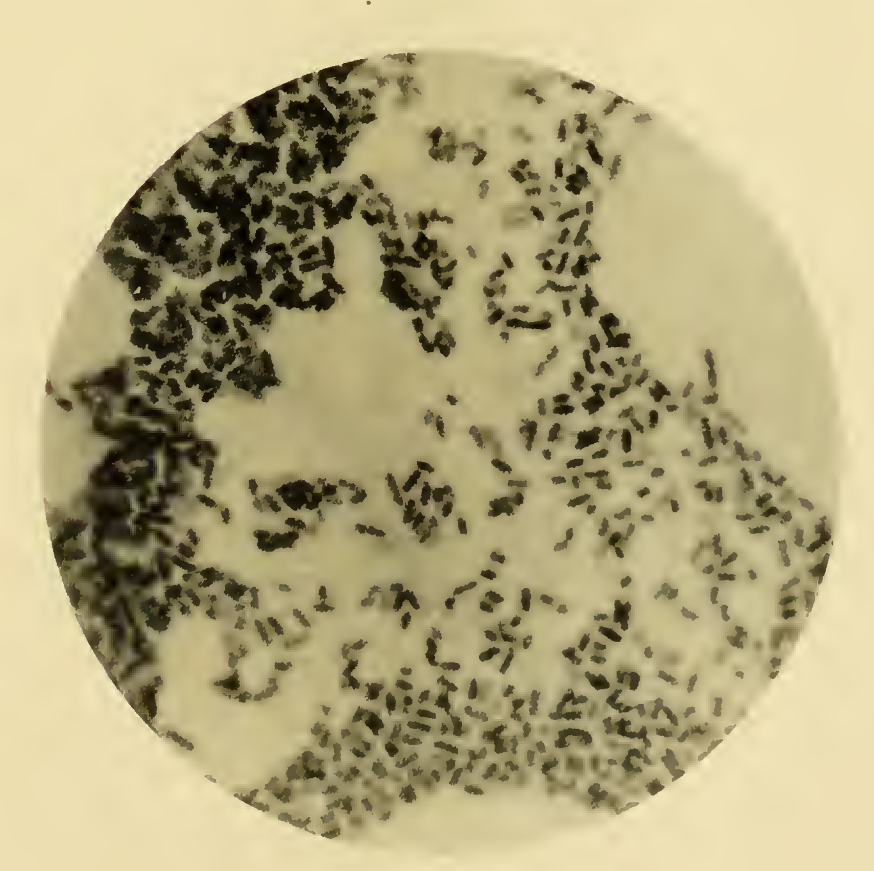


2. **Micrococcus Freudenreichii,**
mit Methylenblau gefärbt. 800 : 1.

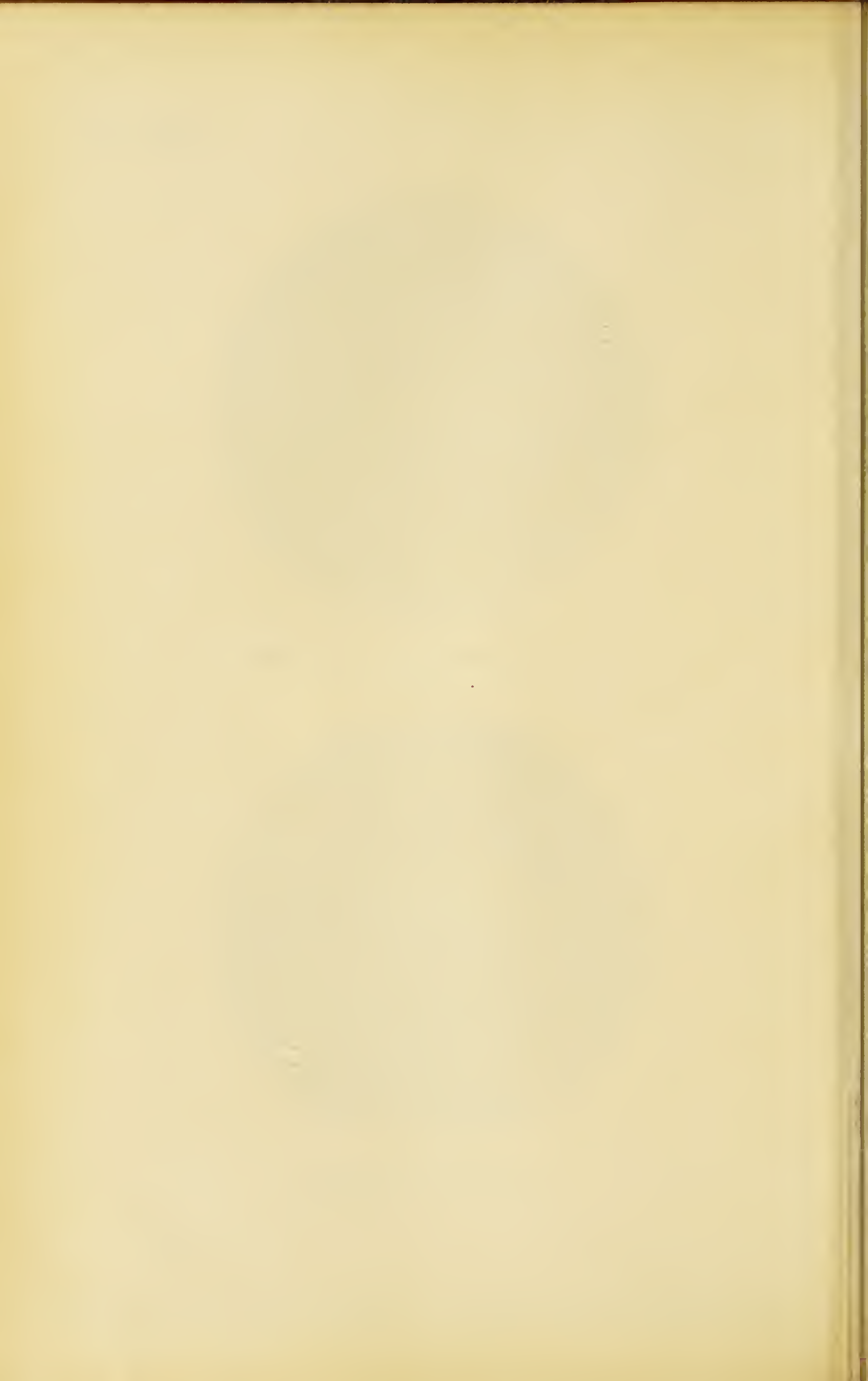


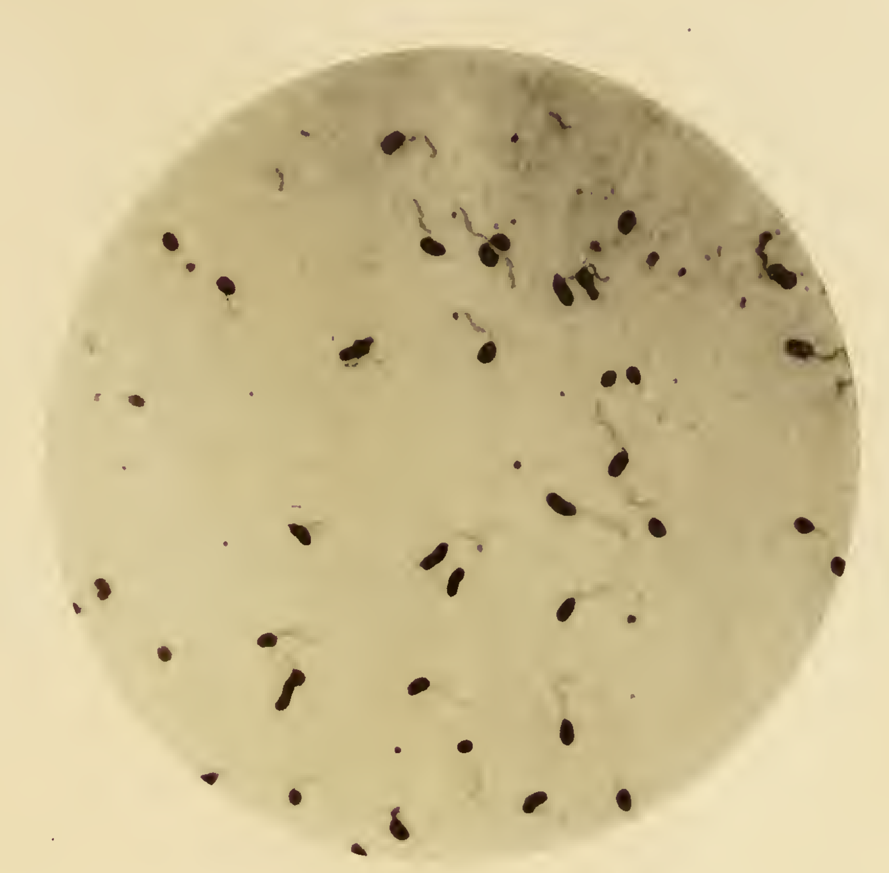


**1. Buttersäurebakterien aus Maische,**
800 : 1.

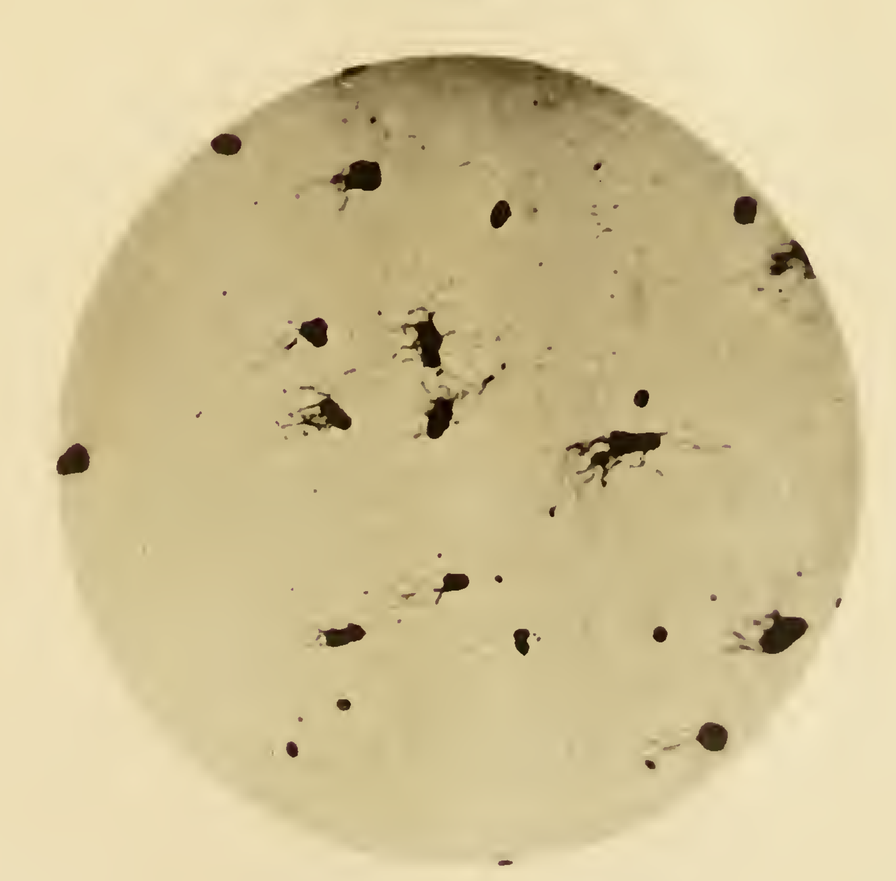


**2. Bacillus boocopricus,**
mit Methylenblau gefärbt. 800 : 1.





1. Vibrio cholerae asiaticae,
Geifselpräparat. 1000 : 1.



2. Typhus abdominalis,
Geifselpräparat. 1200 : 1.



# DIE ZERSETZUNG STICKSTOFFFREIER ORGANISCHER SUBSTANZEN DURCH BAKTERIEN


VON

DR. O. EMMERLING

PRIVATDOZENT AN DER UNIVERSITÄT BERLIN


MIT SIEBEN LICHTDRUCKTAFELN


BRAUNSCHWEIG

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN

1902

# ANKÜNDIGUNG.

---

Der Verfasser der vorliegenden Abhandlung über „Zersetzung stickstofffreier organischer Substanzen durch Bakterien“ hat auf dem von ihm behandelten Gebiete einen Namen von bestem Klang.

Das Werkchen, welches eine wertvolle übersichtliche Zusammenstellung der einschlägigen Literatur enthält, bei welcher die Vertrautheit des Verfassers mit dem Stoff und sein selbständiges Urteil voll zur Geltung kommen, wird insbesondere Chemikern, Gärungstechnikern, Bakteriologen, wie auch Botanikern, Physiologen und Pathologen um so willkommener sein, als es an einer kürzeren Beleuchtung dieser für die beteiligten wissenschaftlichen und technischen Kreise wichtigen Fragen bis jetzt noch fehlt.

Braunschweig, im September 1902.

**Friedrich Vieweg und Sohn.**

